

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Hodnocení posturální stability u osob po whiplash injury

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:
Mgr. Michaela Stupková

Vypracoval:
Bc. Jiří Bureš

Praha, 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval samostatně pod odborným vedením Mgr. Michaely Stupkové a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu.

V Praze dne

.....

Bc. Jiří Bureš

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu, a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucí mé diplomové práce Mgr. Michaela Stupkové za odborné rady, cenné připomínky při zpracování této práce a za její vstřícnost a ochotu. Dále bych chtěl poděkovat celé své rodině a především mé přítelkyni za neuvěřitelnou podporu během celého studia a při realizaci této práce.

Abstrakt

Název: Hodnocení posturální stability u osob po whiplash injury

Cíle: Cílem této práce je posoudit vliv whiplash injury na posturální stabilitu u osob s tímto poraněním a následně porovnat tyto výsledky se skupinou zdravých osob.

Metody: Do této pilotní studie bylo zapojeno 16 osob tvořících experimentální a kontrolní skupinu. Experimentální skupina byla složena z 8 probandů po whiplash injury, a to v době 3-5 měsíců od úrazu. Průměrný věk v této skupině byl 29,4 let. Kontrolní skupinu tvořilo 8 zdravých probandů v průměrném věku 28,8 let. U všech probandů byla vyloučena neurologická onemocnění, předchozí závažná traumata a ortopedické operace v oblasti dolních končetin či trupu, které by mohly výrazně ovlivnit výsledky měření posturální stability. K hodnocení posturální stability bylo využito přístroje Smart EquiTest System od firmy Neurocom a naměřená data byla následně zpracována v programu Neurocom Balance Manager Software. Výsledky obou skupin byly statisticky zhodnoceny pomocí Shapiro – Wilkova testu normality a následně porovnány prostřednictvím párového t – testu či Mann – Whitneyova testu.

Výsledky: Výsledky této práce poukazují na to, že osoby po whiplash injury vykazují horší úroveň posturální stability. Byly zde shledány statisticky významné rozdíly některých parametrů v porovnání s kontrolní skupinou, a to při statickém testování posturální stability. Při dynamickém testování byl statisticky významný pouze jeden měřený parametr.

Klíčová slova: whiplash injury, posturální stabilita, dynamická počítačová posturografie, Neurocom Smart EquiTest

Abstract

Title: Evaluation of postural stability in subjects after whiplash injury

Objectives: The aim of this thesis is to assess the impact of whiplash injury on postural stability of the subjects who sustained this injury and, subsequently, to compare the results with a group of healthy subjects.

Methods: In this pilot study, 16 subjects forming an experimental and a control group were involved. The experimental group consisted of 8 probands after whiplash injury, about 3-5 months after sustaining the injury. The average age of this group was 29.4 years. The control group consisted of 8 healthy probands with average age 28.8 years. All probands were free of neurological diseases, previous serious trauma and orthopedic surgeries in the region of lower extremities or torso, which might significantly affect the results of postural stability measurements. To evaluate postural stability, the device Smart EquiTest System by Neurocom was used and the data obtained were subsequently processed using the Neurocom Balance Manager Software programme. The results of both groups were statistically evaluated using the Shapiro-Wilk test of normality and then compared using the paired t-test or the Mann-Whitney test.

Results: The results of this thesis point out that the persons who sustained whiplash injury show worse levels of postural stability. Statistically significant differences of certain parameters were found as compared with the control group, namely in the static testing of postural stability. In dynamic testing, only one measured parameter was statistically significant.

Keywords: whiplash injury, postural stability, dynamic computed posturography, Neurocom Smart EquiTest

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Krční páteř.....	13
2.1	Pohybový segment.....	13
2.2	Horní krční páteř.....	13
2.2.1	Atlantookcipitální skloubení	14
2.2.2	Atlantoaxiální skloubení	14
2.3	Dolní krční páteř.....	14
2.3.1	Fasetové klouby a ligamenta	15
2.3.2	Meziobratlový disk	15
2.3.3	Processi uncinati	15
2.4	Pohyby krční páteře.....	16
2.4.1	Okamžitý střed otáčení.....	16
2.4.2	Intersegmentální pohyby	17
2.4.3	Kombinované pohyby	18
2.5	Stabilizace krční páteře	18
2.5.1	Stabilizace pomocí svalů	19
2.5.2	Interegmentální stabilizace	19
2.6	Segmentální instabilita.....	20
3	Whiplash injury	22
3.1	Definice termínu	22
3.2	Klasifikace WAD	23
3.2.1	Klasifikace The Quebec Task Force on WAD	23
3.2.2	Klasifikace dle Sternera a Gerdla	23
3.2.3	Klasifikace dle Radanova et al.	23
3.2.4	Klasifikace dle délky trvání symptomů.....	24
3.3	Incidence	24

3.4	Mechanismus poranění	24
3.4.1	Studie popisující mechanismus poranění	25
3.5	Svalová aktivita během nárazu	27
3.6	Diagnostika	28
3.6.1	Přístrojové vyšetření	28
3.7	Klinický obraz	29
3.7.1	Symptomy.....	29
3.7.2	Cervikogenní vertigo.....	30
3.7.3	Vliv nociceptivní aferentace	31
3.7.4	Změna pohybových vzorů	32
3.8	Patofyziologie.....	32
3.8.1	Intervertebrální klouby	33
3.8.2	Ligamenta.....	34
3.8.3	Intervertebrální disk	35
3.8.4	Nervové kořeny a páteřní ganglion.....	35
3.8.5	Svaly.....	35
3.8.6	Arteria vertebralis	36
3.8.7	Ostatní nervové struktury	36
3.8.8	Temporomandibulární kloub	36
3.9	Terapie	37
3.9.1	Pasivní léčebný přístup	37
3.9.2	Aktivní léčebný přístup	38
3.9.3	Porovnání aktivního a pasivního přístupu.....	38
3.10	Přechod do chronického stádia a prognóza	39
4	Posturální stabilita	41
4.1	Terminologie	41
4.2	Posturální kontrola.....	41

4.2.1	Senzorický systém	42
4.2.2	Řídicí systém	43
4.2.3	Efektorový systém	43
4.3	Vliv krční páteře na posturální stabilitu.....	44
4.4	Posturální strategie	45
4.4.1	Hlezenní strategie.....	45
4.4.2	Kyčelní strategie	45
4.4.3	Kroková strategie.....	46
4.5	Vyšetření posturální stability	46
4.5.1	Posturografie.....	46
4.5.2	Statická posturografie.....	47
4.5.3	Dynamická posturografie	47
4.5.4	Smart EquiTest System	47
5	Cíle a hypotézy	49
5.1	Cíle práce	49
5.2	Úkoly práce	49
5.3	Výzkumné otázky.....	49
5.4	Hypotézy	49
6	Metodika práce	51
6.1	Charakter výzkumu.....	51
6.2	Charakteristika výzkumného souboru	51
6.3	Použité vyšetřovací metody	53
6.4	Popis vyšetřujících protokolů.....	54
6.4.1	Senzory Organisation Test	54
6.4.2	Adaptation Test.....	54
6.4.3	Motor Control Test	55
6.4.4	Unilateral Stance.....	55

6.4.5	Limits of Stability	55
6.5	Sběr dat	56
6.6	Analýza dat.....	56
7	Výsledky	57
7.1	Vyhodnocení Senzory Organisation testu.....	57
7.2	Vyhodnocení Adaptation testu	61
7.3	Vyhodnocení Motor Control testu.....	62
7.4	Vyhodnocení testu Unilateral Stance.....	66
7.5	Vyhodnocení testu Limits of Stability	68
8	Diskuze	70
8.1	Diskuze k jednotlivým hypotézám	71
8.2	Zhodnocení klinické otázky	79
8.3	Limity studie	80
9	Závěr	81
	Literatura	82
	SEZNAM PŘÍLOH.....	97

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

a.	arteria
AC	Area of Contact
ADT	Adaptation Test
AS	Area of Support
B	backward
BMI	Body Mass Index
BS	Base of Support
CNS	centrální nervový systém
COG	Centre of Gravity
COM	Centre of Mass
COP	Centre of Pressure
Cp	krční páteř
CT	počítačová tomografie
DCL	Direction Control
DK, DKK	dolní končetina, dolní končetiny
F	forward
IAR	Instantaneous Axis of Rotation
ICR	Instantaneous Center of Rotation
lig., ligg.	ligamentum, ligamenta
LL	Latency Left
LOS	Limits of Stability
LR	Latency Right
m., mm.	musculus, muscoli
MCT	Motor Control Test
MRI	magnetická rezonance
MVL	Movement Velocity
OT	oči otevřené
PDK, LDK	pravá a levá dolní končetina
QTF	Quebec Task Force
RT	Reaction Time
RTG	rentgen
SD	směrodatná odchylka
SOM	somatosenzorický systém
SOT	Sensory Organization Test
TD	Toes Down
TU	Toes Up
US	Unilateral Stance
VEST	vestibulární systém
VIS	vizuální systém
WAD	Whiplash Associated Disorders
ZAV	oči zavřené

1 Úvod

Whiplash injury je jedním z nejčtenějších poranění krční páteře a jeho incidence vzrůstá každým rokem. Toto poranění je specifické svým mechanismem, při kterém dochází k abnormální kinematice krční páteře a následnému poškození jednotlivých struktur. Bohužel pro whiplash injury není stanoven přesný diagnostický postup a původ obtíží bývá velmi často skryt. Důležité je především pomyslet na samotnou možnost vzniku whiplash injury u každé dopravní nehody či úrazu nebo jiné kolize, protože první příznaky se mohou objevovat s odstupem několika hodin či dní. Při nedostatečné diagnostice a nastavení vhodné terapie pacienti velmi často přecházejí do chronického stadia a následné obtíže je mohou provázet až roky.

Vlivem traumatických změn jednotlivých tkání dochází k rozvoji klinických symptomů, jako jsou například bolesti šíje a krční páteře či omezení rozsahu pohybu. Kromě těchto projevů jsou často popisovány i náhlé závratě či pocity posturální nejistoty, které jsou předmětem tohoto výzkumu.

Zajištění posturální stability je závislé především na příjmu a zpracování aferentních informací z jednotlivých senzoričtých systémů. Pro udržení vzpřímeného stoje je potřebná především součinnost složky zrakové, vestibulární a proprioceptivní. Právě krční páteř, především oblast horního krčního regionu, má velký význam ve zprostředkování proprioceptivních informací z kloubních ploch a vazů krčních obratlů a hlubokých šíjových svalů. Při postižení těchto struktur, které je spojeno s rozvojem bolesti a svalového hypertonu, může dojít k modulaci proprioceptivních informací z horního krčního regionu a následnému vzniku posturální nestability. Horní krční páteř má vliv i na tonus posturálního svalstva, protože jsou zde zprostředkovány i hluboké šíjové reflexy.

Hlavním cílem této práce je objektivizace posturální nestability u pacientů po whiplash injury pomocí dynamické počítačové posturografie a následné porovnání výsledků se zdravou populací. Toto měření by mohlo být vhodné i pro možnost nastavení následné správné terapie pro pacienty po whiplash injury trpící posturální nestabilitou.

2 Krční páteř

Krční páteř (Cp) patří mezi nejpohyblivější, ale také nejzranitelnější část osového orgánu, která může být poškozena vlivem působení zevních sil. Je také místem s nejvyšším proprioceptivním vstupem informací, proto poškození tohoto regionu může vést k závažnějším problémům a poruchám celého tělové schématu. (Lewit, 2004; Véle, 1995)

2.1 Pohybový segment

Pohybový segment je základní funkční jednotka páteře. Je tvořen ze sousedících obratlových těl, meziobratlových kloubů, fixačního vaziva, svalů a meziobratlového disku. Výjimkou je spojení atlantookcipitální a atlantoaxiální, kde meziobratlový disk není přítomen a uspořádání obratlů je odlišné od ostatních krčních segmentů. Mezi základní funkce pohybového segmentu patří funkce nosná, kinetická, hydrodynamická a ochranná. Obratle a jednotlivé páteřní vazy zajišťují funkci nosnou a podílejí se na pasivní fixaci daného segmentu. Meziobratlový disk a cévní systém páteře tvoří hlavní hydrodynamickou složku. Kinetickou a aktivně fixační funkci zajišťují meziobratlové klouby, kraniovertebrální spojení a svaly. Z funkčního hlediska můžeme krční páteř rozdělit do dvou odlišných sektorů – horního a dolního. (Dylevský, 2009; Véle, 1995)

2.2 Horní krční páteř

Do horní krční páteře řadíme kraniovertikální segmenty mezi které patří atlantookcipitální a atlantoaxiální skloubení. Tyto struktury jsou typické nepřítomností intervertebrálních disků a uspořádání obratlů je zde zcela odlišné od ostatních krčních obratlů. Stabilita této oblasti je zajištěna především prostřednictvím ligamentózního aparátu. (Čihák, 2001)

Tato ligamenta obsahují mnoho nervových zakončení a jsou zdrojem proprioceptivních informací o postavení hlavy vzhledem ke krční páteři. K poruchám těchto struktur může docházet zejména při dopravních nehodách provázených příznaky whiplash syndromu. Mimo jiné zde následkem traumatu vzniká i nociceptivní aferentace, nejen ve formě bolesti, která může mít vliv na provedení pohybu. Oblast horní krční páteře je též důležitým centrem pro zprostředkování posturálních reflexních mechanismů. (Véle, 1995; Véle, 2006)

2.2.1 Atlantoockcipitální skloubení

Toto spojení zabezpečuje přechod mezi okciputem a krční páteří. Hlavním pohybem v tomto skloubení je především anteflexe a retroflexe. Toto skloubení je tvořeno pomocí dvou eliptických fossae glenoidales a je zpevněno kloubním pouzdrům lig. atlantoockcipitale laterale a dvou membrán atlantoockcipitalis anterior a posterior. (Lewit, 2004; Boriani, et al, 2017)

2.2.2 Atlantoaxiální skloubení

Je spojení mezi prvním a druhým krčním obratlem a hlavní funkcí tohoto segmentu je především rotace. Toto skloubení se skládá ze tří kloubů: atlantoaxialis mediana et lateralis a spojením mezi dens axis a předním obloukem atlasu. Laterální klouby, které jsou tvořeny dolními plochami atlasu a horními plochami axisu, mají volné pouzdro a jsou doplněny o vazy atlantoaxiální laterální, anteriorní a posteriorní. (Čihák, 2001; Boriani, et al, 2017)

Lig. cruciforme zpevňuje mediánní atlantoaxiální skloubení a je tvořeno částí lig. transversum atlantis a fasciculi longitudinales. Lig. transversus atlantis odděluje dens axis od páteřního kanálu a v místě jejich styku má kloubní plochu, kde může být přítomen skutečný kloub. V tomto skloubení se především odehrává rotace, kde se atlas otáčí kolem dens axis. Mezi další ligamenta propojující dens axis s kostí týlní a bází okciputu patří lig. alaria a lig. apicis dentis. Zadní strana je kryta pomocí membrána tectoria. (Čihák, 2001; Véle, 1995)

Hlavní funkci kraniocervikálního skloubení zajišťuje především lig. transversum, které omezuje flexi při anteriorním posunu atlasu a zabraňuje protruzi dens axis do páteřního kanálu. Další funkci zde zastává lig. alare, které omezuje rotaci horní Cp. Tento vaz má větší sklon k poranění při současné flexi a rotaci hlavy. (Fice, Cronin, 2012; Bogduk, Mercer, 2000)

2.3 Dolní krční páteř

Plynule navazuje na horní krční sektor společnou oblastí obratle C3. Dále k němu patří segmenty C4 - C7 a funkčně je tato část Cp spojena i s horním hrudním úsekem. Přítomná krční lordóza zde zajišťuje pružnost a pohyblivost, proto při možném napřimení této křivky dochází ke snížení následné hybnosti. Má také bezprostřední vztah k funkci ramenních kloubů horních končetin, inervaci dýchacích svalů a cévnímu zásobení. (Véle, 1995)

2.3.1 Fasetové klouby a ligamenta

Tyto klouby jsou pohybovou komponentou segmentu krční páteře. Jsou uloženy ve vlastním pouzdře se synoviální tekutinou a na jejich povrchu je hyalinní chrupavka. Orientace těchto kloubů je směrem dorzálním, a to se sklonem asi 45° směrem k transverzální rovině obratle. Tyto klouby umožňují větší pohyblivost páteře, ale zvyšují také riziko možného poranění a jsou častou příčinou výskytu chronických bolestí. Kloubní pouzdro odolává především flekčním silám a zabraňuje náhlému pohybu segmentů vůči sobě při rychlých akceleracích hlavy a krku. Jsou tedy důležitými stabilizátory krční páteře.

Fasetové klouby jsou také zpevněny pomocí dlouhých či krátkých vazů překrývající kloubní pouzdro. Hlavními stabilizátory jsou lig. longitudinale anterius a lig. longitudinale posterius, která propojují vpředu a vzadu obratlová těla a intervertebrální disk. Ligamenta flava jsou silné vazy spojující jednotlivé obratlové oblouky. Mezi další ligamenta se stabilizační funkcí patří ligg. interspinalia, ligg. intertransversalia, lig. supraspinale přecházející na silný pruh ligamentum nuchae. (Benzel, 2012; Bogduk, Mercer, 2000)

2.3.2 Meziobratlový disk

Meziobratlový disk je funkčním spojením sousedních obratlových těl. Jeho okrajové vrstvy jsou tvořeny z hyalinní chrupavky a jsou srostlé s těly jednotlivých obratlů. Střední část disku je tvořena z vazivové chrupavky, která přechází ve fibrózní vazivo tvořící anulus fibrosus, které je pevně fixováno do předního a zadního longitudálního vazů. Uvnitř toho disku se nachází vodnaté řídké těleso nucleus pulposus s nestlačitelnou tekutinou. Meziobratlový disk je významnou mechanickou komponentou zajišťující pohyb sousedních obratlů a má schopnost reagovat na zatížení působících sil. (Benzel, 2012; Čihák, 2001)

2.3.3 Processi uncinati

Tyto výběžky jsou tvořeny ve vnějších lamelách anulus fibrosus a mohou být následně obklopeny vazivem a vyplněné tekutinou. Takto vzniklá spojení jsou někdy označována jako uncovertebrální klouby. Toto spojení je považováno za fyziologické, protože se podílí na pohybech krční páteře. (Benzel, 2012)

2.4 Pohyby krční páteře

Krční páteř se vyznačuje velkou hybností a možností jednotlivých pohybů především z důvodu šesti stupňů volnosti jednotlivých obratlů. Meziobratlové klouby vzájemně propojují jednotlivé kloubní výběžky sousedních obratlů a umožňují tak vzájemný pohyb jednotlivých segmentů. Rozsah pohybu je dán především tvarem kloubních ploch, které mají odlišný tvar a orientaci v průběhu Cp. Dalším aspektem je také sklon krčních obratlů, který je zde dorzo-kaudálně. V krční páteři je tedy možná flexe, extenze, lateroflexe a rotace. Názor na celkový rozsah pohybu v krční páteři se u jednotlivých autorů liší. (Véle, 1995; Foreman, Croft, 2002)

Tabulka 1 Celkový rozsah krční páteře

Pohyb	Dle Kapandjiho	Dle de Brunnera	Dle Panjabiho
Flexe – Extenze	130°	70°- 90°	75°
Lateroflexe od středu	45°	45°	35°
Rotace od středu	80°-90°	60°-80°	45°

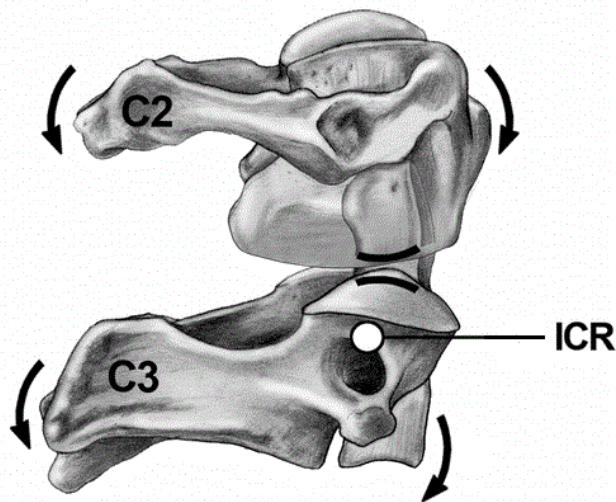
(upraveno a převzato od Kapandji, 1974; Véle, 1995; Panjabi, 1990)

2.4.1 Okamžitý střed otáčení

Pohyby jednotlivých obratlů lze charakterizovat jako rotační pohyb kolem okamžité osy otáčení zvané instantaneous axis of rotation (IAR). IAR představuje pomyslnou přímku, kolem které dochází k rotačnímu pohybu obratle. Instantaneous centres of rotation (ICR) představuje okamžitý střed otáčení, ve kterém se tato osa promítá. (Foreman, Croft, 2002; Bogduk, Mercer, 2000)

Promítnutí ICR v krční páteři je rozdílné v jednotlivých segmentech. V dolní části krční páteře je ICR umístěno spíše kranálně směrem k meziobratlovému disku. V horní části krční páteře je ICR popisováno především kaudálně vzhledem k pohybovému segmentu (viz Obrázek 1). Z důvodu traumatického poškození či degenerativních změn obratlů a jejich struktur může dojít ke změně polohy ICR v pohybových segmentech, které se vyznačují následným abnormálním rozsahem a změnou následné trajektorie pohybu. Tento jev je typický například při mechanické instabilitě daného pohybového segmentu. (König, Spetzger, 2017; Bogduk, Mercer, 2000)

Obrázek 1 Umístění ICR v horní krční páteři



(dostupné z: <http://bmsi.ru/doc/e4ce155e-6d12-4f1c-aea0-810a88d98eac>
[cit. 15. 2. 2018])

Abnormální IAR vzniká také při mechanismu whiplash poranění, kdy dochází k následné kompresi fasetových kloubů jednotlivých segmentů a hrozí tak riziko poškození tohoto skloubení či přilehlých měkkých tkání. (Kaneoka, et al., 1999)

2.4.2 Intersegmentální pohyby

Vzájemné pohyby krčních segmentů jsou flexe, extenze, lateroflexe a rotace zahrnující translační pohyby. Každý segment je charakteristický rozdílným rozsahem pohybu v různých směrech. Segment C1-2 bývá často označován jako rotační, protože se zde odehrává většina rotace krční páteře. Nejmenší rozsah pohybu do rotace i lateroflexe je v atlantookcipitální skloubení, především z důvodu ochrany nervově cévních svazků. Při překročení těchto fyziologických pohybů dochází k častému poškození segmentu a příslušných tkání. Jako locus minoris resistentiae je v oblasti horní krční páteře označován segment C2-3 (Foreman, Croft, 2002; Panjabi, 1990)

Rozsah jednotlivých pohybů se zmenšuje směrem kaudálním spolu se zvýšeným mechanického nároku na zatížení. Jako locus minoris resistentiae pro oblast dolní krční páteře je popisován segment C5-6 eventuálně C6-7, kde mohou vzniknout častá mikrotraumata přetížení a následné pohybové omezení. Může zde docházet ke vzniku komprese nervově cévních struktur ve foramina intervertebralia. (Lewit, 2004)

Tabulka 2 Intersegmentální rozsah segmentů Cp

Segment	Flexe – Extenze	Rotace od středu	Lateroflexe od středu
CO-C1	25°	5°	5°
C1-C2	20°	40°	5°
C2-C3	10°	3°	10°
C3-C4	15°	7°	11°
C4-C5	20°	7°	11°
C5-C6	20°	7°	8°
C6-C7	17°	6°	7°
C7-Th1	9°	2°	4°

(upraveno a převzato od Panjabi, 1990)

2.4.3 Kombinované pohyby

Tyto fyziologické pohyby jsou přítomny v jednotlivých segmentech a jsou součástí základní hybnosti Cp jako je flexe, extenze, lateroflexe či rotace. Vznikají především v důsledku šikmého sklonu intervertebrálních kloubů Cp. Jedním z těchto pohybů je i translace, která je charakteristická vzájemným posunem ploch obratlů vůči sobě. Dalším kombinovaným pohybem v krční páteři je lateroflexe spojená s rotací krčních obratlů. Při zahájení lateroflexe dochází k rotaci obratlů na stejnou stranu. Působení sil se promítá také na stranu opačnou z důvodu posunu fasetových kloubů vůči sobě. Tímto mechanismem může dojít k vzájemnému ovlivnění jednotlivých složek pohybu a vzniku možného omezení. Ačkoli jsou kombinované pohyby fyziologické, při vyšším zatížení Cp, jsou častým zdrojem vzniku možného poranění. (Foreman, Croft, 2002; Bogduk, Mercer, 2000)

2.5 Stabilizace krční páteře

Stabilizace páteře vzniká vlivem 3 vzájemných subsystémů. Tento proces je tvořen složkou pasivní, kterou zajišťují obratle, obratlové disky a ligamenta. Další částí je aktivní působení svalů na páteř a poslední složka zahrnuje neurální systém, který ovlivňuje stabilizaci prostřednictvím aferentace z receptorů a následného aktivního řízení. Při dysfunkci některé z těchto složek může docházet k okamžité kompenzaci této funkce a následné normalizaci, nebo vzniku adaptačního procesu těchto subsystémů provádějících změnu stabilizačního systému. Celková dysfunkce některé z těchto složek

vede obvykle k rozvoji bolestivého syndromu. (Suchomel, Lisický, 2004; Panjabi, 1992)

2.5.1 Stabilizace pomocí svalů

Aktivní proces stabilizace je zajištěn na základě kokontrakce antagonistických svalových skupin, který má za následek vzpřímené držení Cp. Pokud by na páteřní segmenty působily pouze dlouhé povrchově uložené svaly, které zajišťují mobilitu páteře, docházelo by vlivem jejich aktivace k vychýlení jednotlivých obratlů a vzniku možných deformit. Z tohoto důvodu je svalová souhra mezi povrchovými a hluboko uloženými svaly zásadní. (Panjabi, 1992)

Páteř je pod neustálým působením zevních i vnitřních sil. Pro udržení fyziologického zatížení krční páteře je důležitá rovnováha mezi ventrální a dorzální muskulaturou. Pro stabilizační proces je nutná především souhra hlubokých extenzorů, do kterých patří *m. semispinalis capitis et cervicis*, *m. longissimus cervicis et capitis* a hlubokých krčních flexorů, do kterých se řadí *m. longus coli et capitis*. Vlivem ochabnutí hlubokých flexorů krku dochází k rozvoji svalových dysbalancí. Krční páteř má následně větší lordotické zakřivení a vzniká svalový hypertonus šíjových extenzorů. Tento stav bývá většinou kompenzován povrchovými krčními flexory zejména tedy *m. sternocleidomastoideus* a *mm. scaleni*. (Véle, 1995; Kolář, 2006)

2.5.2 Interegmentální stabilizace

Segmentální stabilizace je specifický děj, na kterém se podílí jednotlivé složky páteře, a pro tuto funkci je potřebná dostatečná souhra těchto struktur. Tento systém zahrnuje krátká ligamenta intertransversalia, *ligg. interspinalia* a *ligg. flava* a dlouhá ligamenta, do kterých patří *lig. longitudinale anterius et posterius* a *lig. supraspinosum*. Tyto ligamenta představují pasivní složku stabilizace krční páteře a jejich zapojení je metabolicky méně náročné oproti svalové tkáni. Další důležitou složkou jsou intervertebrální klouby a jejich pouzdra, která hrají významnou roli pro pohyb jednotlivých segmentů a vymezení jejich hybnosti. Segmentálním pohybům napomáhá i meziobratlový disk, zajišťující plynulou pohyblivost segmentů a tlumení působících sil. Poslední důležitou složkou pro segmentální stabilizaci jsou intersegmentální svaly, které spojují jednotlivé segmenty a napomáhají tak průběhu a realizaci pohybu. (Véle, 1995)

2.6 Segmentální instabilita

Instabilita je v dnešní době velmi probíraným tématem a existuje několik možných definic tohoto pojmu. Z biomechanického hlediska představuje segmentální instabilita snížení pohybové tuhosti segmentu a následný vznik abnormálních rozsahů pohybu, které nejsou fyziologicky běžně přítomny. (Hauser, et al., 2015; Panjabi 1990)

Segmentální instabilita je charakteristická ztrátou přirozené stability jednotlivých segmentů, což vede k patologickému pohybu jednoho obratle vůči druhému. Z klinického hlediska rozeznáváme instabilitu axiálně rotační a translační. (Dungel, et al., 2005)

U pacientů s výskytem instability je často přítomné snížení meziobratlového disku, zvýšení laxicity páteřních ligament a kapsulárních ligament fasetových kloubů, či samotné strukturální poškození tohoto kloubu. Všechny tyto faktory vedou k snížení stability pohybových segmentů páteře a zvětšení intersegmentálního pohybu přes fyziologickou mez. (Hauser, et al., 2015)

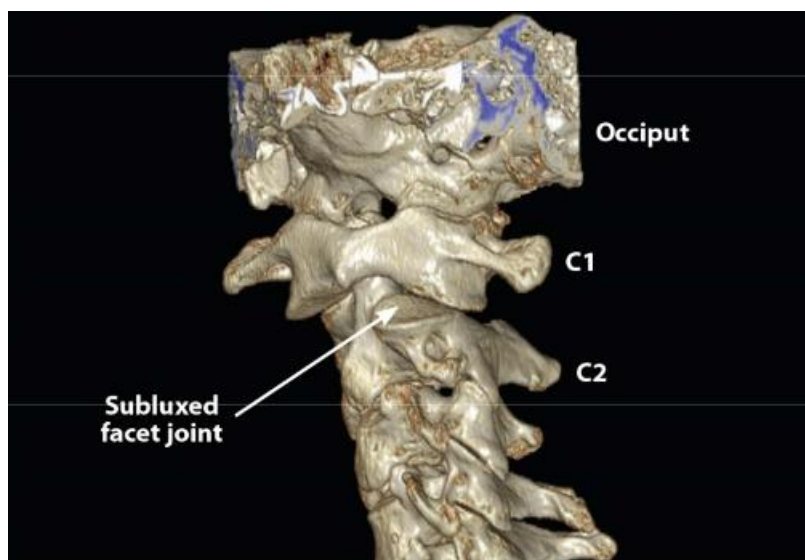
Segmentální instabilita je také často spojována s úrazy v oblasti krční páteře. Mezi nejčastější poranění patří whiplash injury, které je charakteristické svou kinematikou při nárazu a může vést k častému poškození jednotlivých struktur, jako jsou krční ligamenta, krční obratle, svaly, fasetové klouby a jejich pouzdra. Následné porušení stabilizační funkce ligament nebo změna dynamiky fasetových kloubů vede k rozvoji nadměrných smykových sil při stabilizaci krční páteře a dysfunkci segmentu, která může vyústit až k instabilitě celé oblasti nebo části krční páteře. Tyto změny mohou vést až k následné modulaci aferentních informací z horního krčního regionu a tím může docházet až ke vzniku celkové posturální instability. (Hauser, et al., 2015; Benzel, 2012; Kristjansson, Treleaven, 2009)

Při poruše dynamiky fasetových kloubů dochází k vyšším nárokům na stabilizaci pomocí ligament. Při enormním protažení či přetížení ligamenta dochází často k ireverzibilní změně příslušného vazů. Tyto ligamenta poté ztrácí svoji schopnost stabilizovat daný segment, který je následně vystaven většímu riziku poranění. Vlivem těchto změn, které se prohlubují při přetížení krční páteře, může dojít k následným dalším poškozením ostatních struktur, jako je například meziobratlový disk či nervové kořeny. (Hauser, 2015; Benzel, 2012)

Segmentální instabilita je detekovatelná také pomocí přístrojového vyšetření, kdy pro horní krční páteř je instabilita definována jako dislokace atlasu vůči axisu

o více než 3,5 mm (viz Obrázek 2). V dolní krční páteři představuje instabilita posun o více než 2 mm nebo angulaci v sagitální rovině o více než 11° ve vertebrálním segmentu, či pohyb fasetových kloubů o více než polovinu jejich plochy. (König, Spetzger, 2017; Benzel, 2012)

Obrázek 2 3D CT scan - instabilita C1-C2 při rotaci hlavy



(převzato od Hauser, et al., 2015)

3 Whiplash injury

3.1 Definice termínu

Termín whiplash injury poprvé použil americký ortoped H. E. Crow v roce 1928 a definoval jej jako efekt náhlé akceleračně-decelerační síly na krční páteř a horní trup způsobený vnějšími silami, při kterém se uplatňuje efekt "švihnutí bičem". (Todman, 2006)

Jedná se o poranění krční páteře a okolních struktur, které vzniká z nepřímého násilí vyvolaného působením zevních sil při nečekaném nárazu. V odborném literatuře se též setkáváme s označením, jako jsou hyperakcelerační úraz, hyperextenční poranění krční páteře či častěji používaná akutní krční distorze. (Rydevik, 2008; Rychlíková, 2008)

Kvůli rozdílnosti názorů na definici a kvalifikaci whiplash injury byla v roce 1995 vydána vědecká studie zabývající se touto problematikou. The Quebec Task Force on Whiplash – Associated Disorders redefinovala tento pojem jako akceleračně – decelerační mechanismus přenosu síly na krční páteř, způsobený nárazem zezadu a z boku, a to hlavně při srážkách motorových vozidel, ale také při poraněních způsobených skokem do vody nebo podobnými úrazy. Přenos této energie má za důsledek poranění kostí nebo měkkých tkání (whiplash injury), které může vést k širokému spektru klinické symptomatologie tzv. Whiplash Associated Disorders (WAD). (Spitzer, 1995)

Whiplash poranění by se mělo označovat jako cervikální poškození měkkých tkání, při kterém dochází k poranění svalových a vazivových struktur a je třeba jej odlišovat od whiplash mechanismu, který může způsobit i hrubší strukturální lézi, jako je fraktura, hernie disku, luxace, dislokace krční páteře či komprese míchy. (Ambler, 2000; James 2009)

Pojem whiplash by se neměl využívat pro označení klinické diagnózy. Označení whiplash totiž popisuje jednotlivé součásti tohoto děje:

- whiplash událost zahrnuje biomechanický proces postihující osoby v motorovém vozidle při nárazu
- whiplash poranění znamenají samotná zranění, která vyplývají z whiplash události
- whiplash syndrom znamená soubor symptomů, které vycházejí z whiplash poranění (Spitzer, 1995; Zemanová, Vacek, Bezvodová, 2003)

3.2 Klasifikace WAD

Existují různé systémy klasifikace, ale všechny jsou založeny na příznacích a symptomech vyskytujících se v akutní fázi whiplash. Hlavním rozdílem mezi nimi je, že dvě z nich zahrnují i neuropsychologické příznaky, a to na rozdíl od klasifikace The Quebec Task Force (QTF). (Sterner, Gerdle, 2004)

3.2.1 Klasifikace The Quebec Task Force on WAD

Podle klinických symptomů lze hodnotit pacienty s WAD klasifikací navrženou QTF on WAD, a to v pěti stupních:

- 0 - žádné obtíže v oblasti krku, žádné somatické projevy
- 1 - bolesti krku, pocity ztuhlosti a zvýšené citlivosti, žádné somatické projevy
- 2 - bolesti krku a muskuloskeletální příznaky zahrnující snížení rozsahu pohybu a snížení citlivosti
- 3 - bolesti krku a přítomnost neurologické symptomatologie, jako je hyporeflexie či areflexie, svalová slabost nebo senzorický deficit
- 4 - bolesti a další subjektivní příznaky, ruptury, fraktury, dislokace (Spitzer, 1995)

3.2.2 Klasifikace dle Sternera a Gerdla

Tato klasifikace je založena na hodnocení klinických příznaků vycházejících z anatomického základu a časového průběhu na časové ose. Je rozdělena do 4 kategorií a její využití je vhodné společně kombinovat s klasifikací QTF. (Tenenbaum, 2002)

- Kategorie A – oblast hlavy, krku a ramen
- Kategorie B – oblast hlavy, krku, ramen a paží zahrnující bolest a motorickou slabost
- Kategorie C – oblast hlavy, krku, ramen a centrální nervový systém zahrnující vizuální problémy, přecitlivělost na světlo a hluk, a kognitivní problémy
- Kategorie D – oblast hlavy, krku, ramen a paží s přítomností bolesti a motorické slabosti; centrální nervový systém zahrnující vizuální problémy, přecitlivělost na světlo a hluk a kognitivní problémy (Sterner, Gerdle, 2004)

3.2.3 Klasifikace dle Radanova et al.

Toto hodnocení spočívá v klasifikaci subjektivních pocitů pacienta, kdy jsou klinické symptomy rozděleny do dvou regionů:

- lower cervical spine syndrome - zahrnující bolesti krční páteře a paží

- cervicocephalic syndrome – zahrnující bolesti hlavy, nevolnost, zhoršenou koncentraci, tinitus, závratě a sníženou koncentraci (Radanov et al., 1992)

3.2.4 Klasifikace dle délky trvání symptomů

Z hlediska délky trvání symptomů rozlišujeme dvě stádia:

- akutní stadium: jedná se o období začínající ihned po vzniku poranění s přibližným trváním 6 měsíců
- chronické stadium: toto stádium je také označováno jako late whiplash, symptomy tedy přetrvávají déle jak 6 měsíců a mohou zde být výkyvy mezi fází klidu a náhlého zhoršení. Pokud toto stádium přetrvává déle než 2 roky, bývají obtíže již trvalé. (Keith et al., 2008)

3.3 Incidence

Za posledních 30 let incidence whiplash injury výrazně vzrostla, a to především v západních zemích, a pohybuje se okolo 300 případů na 100 000 obyvatel (Ludvigsson, 2016). Dle nejnovějších studií vzniká whiplash injury až v 50% dopravních nehod a je tak řazeno mezi nejčastější poranění (Alpini, Brugnoni, Cesarani, 2014). Například v Kanadě tvořilo toto poranění až 83% ze všech dopravních nehod a ve Velké Británii je evidováno 300 000 nových případů ročně (Thomas, 2006; Alpini, Brugnoni, Cesarani, 2014). Ve Spojených státech a v Evropě jsou roční náklady spojené s WAD odhadovány až na 13,4 miliardy dolarů. (Bohman, 2012)

3.4 Mechanismus poranění

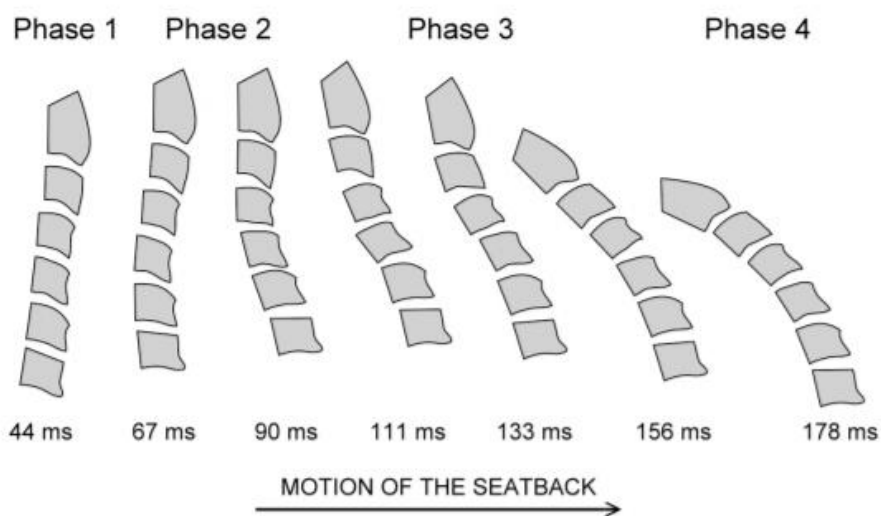
Mnoho výzkumů se domnívalo, že hlavním mechanismem úrazu je pouze hyperextenze vyvolaná velkými silami, proto i srážka vozidel musí být ve velké rychlosti. Současné studie v Kanadě poukazují na to, že whiplash vzniká i v malých rychlostech, a to asi do 30 km/h, což zahrnuje asi 65 % všech případů whiplash. Co se týče mechanismu vzniku, tak současné studie prokázaly, že pohyb krční páteře po nárazu probíhá ve dvou fázích. V první fázi po nárazu tvoří krční páteř S formu zakřivení, kdy dochází k lokální extenzi dolní krční páteře se souběžnou flexí horní krční páteře. V druhé fázi následuje extenze celé páteře ve tvaru písmene C. (Kumar, Ferrari, Narayan, 2004; Kumar, 2005; Anderson, 2006)

3.4.1 Studie popisující mechanismus poranění

První studii, kde byla poprvé zmíněna S-forma zakřivení jako předpoklad mechanismu poranění, popsal Penning et al. (1992). Za primární mechanismus považoval hypertranslaci hlavy při nárazu zezadu, kdy hlava zůstane na místě a trup se následně pohybuje vpřed, což vyvrací předchozí teorii o pouhé hyperextenzi krční páteře. Pro svůj výzkum studoval boční rentgenové snímky s protrakcí a retrakcí hlavy pro porovnání zadní a přední translace. Následně srovnával tyto výsledky se snímky v aktivní flexi a extenzi hlavy a zjistil, že pohyb horních segmentů krční páteře (C0-C2) je větší při translaci než při pouhé flexi i extenzi. (Penning, 1992; Yoganandan, 2002)

Kaneoka et al. (1999) ve své studii zdokumentoval pohyby segmentů C2-C3 až C5-C6 při využití experimentu simulujícího whiplash poranění po nárazu do zadní části automobilu. Do výzkumu byli zapojeni zdraví probandi, kteří seděli na sedadle automobilu bez opěrky hlavy. Toto sedadlo se pohybovalo směrem dozadu na speciální konstrukci nakloněné o 10°, na jejímž konci byly umístěny tlumiče pro simulaci nárazu. Pohyb krční páteře byl zaznamenán vysokorychlostním kinematografickým RTG a akcelerometry. První intervertebrální pohyb, který byl zdokumentován, byla nejprve flexe horní Cp (do 100 ms), která přecházela do extenze od dolních úseků Cp. Přibližně kolem 110 ms byla pozorovatelná forma S zakřivení krční páteře. Po této fázi následovala plná extenze krční páteře počínající od 150 ms. (Kaneoka, 1999; Chen, et al., 2009)

Obrázek 3 Kinematika Cp během nárazu



(převzato od Kaneoka et al., 1999)

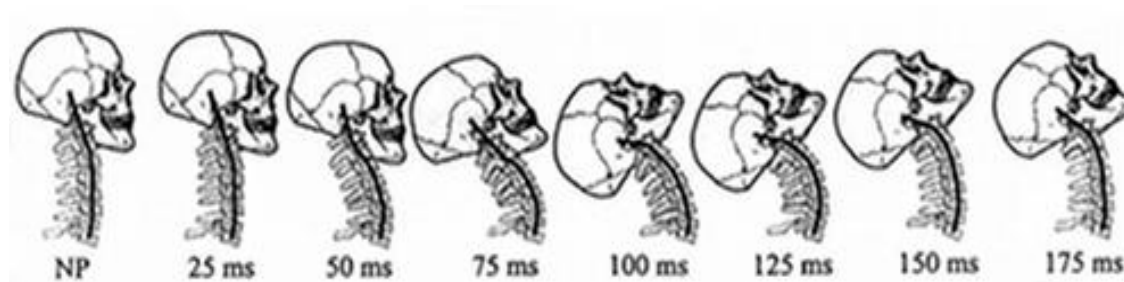
Ve studii využívající kadaverické vzorky se Luan et al. (2000) zabýval intervertebrální kinematikou Cp při nárazu. Poukázal na to, že smykové síly vznikající ve chvíli, kdy se trup pohybuje směrem vpřed, se přenáší od spodních krčních obratlů k horním. Tento smykový pohyb vede k napřímení lordotického zakřivení krční páteře a vyvolá napnutí kapsulárních vazů. Tento proces rozdělil do třech různých fází:

- Fáze I, která nastává asi 100 ms po nárazu. V této fázi dochází ke ztrátě krční lordózy. Následně se smyková síla přenáší přes nižší úrovně krční páteře až k horní části. Za působení deformace smykem, která vede k napřímení krční páteře, působí také síla axiální, která se následně mění z tlakové síly na tahovou zátěž, a dochází tak k namáhání kapsulárního pouzdra.
- Fáze II, během dalších 30 ms vytváří krční páteř křivku písmene S. Vlivem pohybu dolní krční páteř do extenze se působící síla přenáší směrem vzhůru a dochází následně i k extenzi krčních horních obratlů. Vliv extenčního mechanismu se uplatňuje v nižších úrovních Cp, zatímco flekční mechanismus v horních oddílech Cp.
- Fáze III, celá Cp se dostává do extenze prostřednictvím silových momentů vyvolaných na obou koncích. Ve všech úrovních Cp působí stále smykové síly i tahové síly axiální. Kolem 180 ms po nárazu se hlava a celá Cp dostává do maximální extenze a po odeznění působících sil se následně vrací do původního postavení před nárazem. (Luan, et al., 2000; Chen, et al., 2009)

Nejvíce podrobnou studii, která popisovala mechanismus whiplash úrazu, provedl Panjabi et al. (1998) na kadaverických vzorcích krční páteře při nárazu zezadu. Zabýval se intervertebrálními pohyby a v průběhu testování poukázal na poškození jednotlivých úrovní krční páteře. Změřil dynamické prodloužení arterie vertebralis a kapsulárních ligament a popsal reálná zranění při whiplash traumatu. Analýza, která byla zprostředkována pomocí vysokorychlostních kamer, zaznamenala dvoufázovou kinematickou odpověď při whiplash traumatu. V první fázi nárazu v čase 50 ms se hlava prostřednictvím translačního pohybu posunuje dozadu asi o 6 cm, a to bez výrazné flexe či extenze. V další fázi v čase 50 - 75 ms se začíná utvářet křivka ve tvaru písmene S a to zapříčiní lokální extenzi dolní krční páteře se souběžnou flexí horní krční páteře. V čase 75 ms od nárazu byla pozorována maximální extenze v dolní Cp. Časový úsek 100-125 ms označuje začátek fáze druhé, kdy dochází k extenzi celé krční páteře, maximální extenze hlavy je dosaženo v čase 100 ms od nárazu. K maximální intervertebrální extenzi dochází tedy během první S fáze v dolní krční páteři před plnou

krční extenzí. Dolní krční páteř překročí během této fáze fyziologické limity. Při pohybu obratle nedojde k translaci a pohyb je čistě rotační, dochází tak k nárazu dolních faset obratle vyššího do horních faset obratle nižšího a k možnému poškození. (Panjabi et al., 1998; Panjabi et al., 2004; Yoganandan, 2013)

Obrázek 4 Průběh zakřivení krční páteře



(převzato od Panjabi et al., 1998)

3.5 Svalová aktivita během nárazu

Při nárazu nedochází k dostatečné volní aktivaci svalů tak, aby mohly ovlivnit pohyb hlavy a snížit tak možné poranění jednotlivých struktur v oblasti krční páteře. Autoři jednotlivých studií poukazují spíše na pasivní odpověď svalu zprostředkovanou reflexní svalovou aktivitou. Jako možný aktivační mechanismus je uváděn stretch reflex, který je vyvolán podrážděním proprioceptorů. (Yoganandan, Pintar, 2000; Kumar, Ferrari, Narayan, 2005)

Jestliže svalu trvá déle, než dojde k jeho aktivaci, dostává se tak po nárazu do většího protažení. Následkem rychlé reflexní odpovědi dochází k výskytu rizika poškození svalu vlivem nadměrné excentrické kontrakce. Ve svalech může poté docházet k častým mikrotraumatům. (Vasavada, et al., 2007; Yoganandan, et al., 2013)

Monitorování svalové aktivity při nárazu zezadu pomocí EMG, kdy bylo sledováno zapojení svalů m. sternocleidomastoideus, m. splenius capitis a m. trapezius, poukázala na to, že reakční čas, kdy byla zaznamenána svalová aktivita, je příliš dlouhý na to, aby měl efekt na whiplash kinematiku. Při vzrůstající akceleraci během nárazu se zvyšovala i aktivita svalů na EMG. Při demonstraci nárazu zezadu na dobrovolnících se nejvíce aktivoval m. sternocleidomastoideus, který dokonce dosáhl maximálních hodnot volní kontrakce, což značí možnou větší míru rizika poškození tohoto svalu. (Kumar, Ferrari, Narayan, 2005)

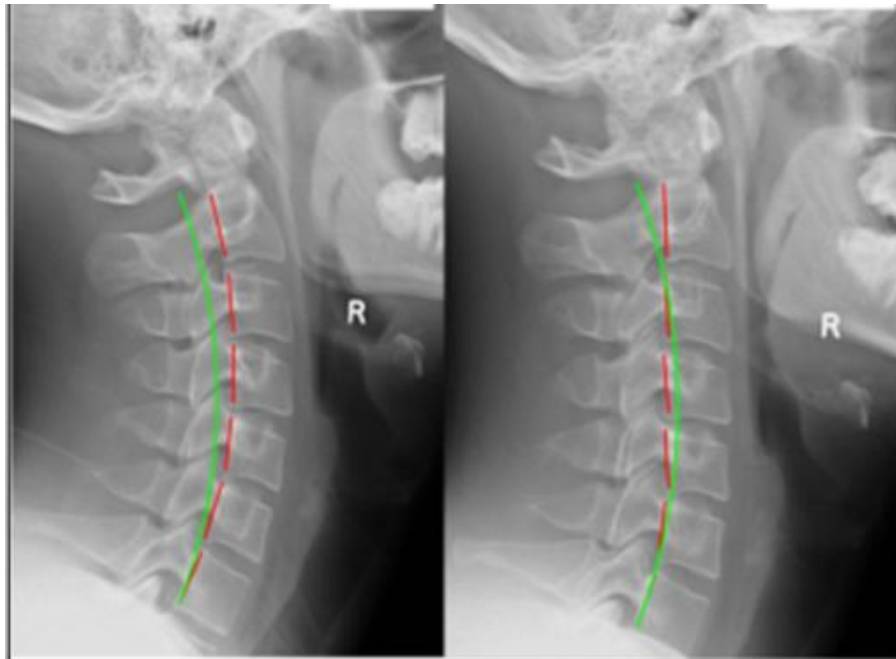
3.6 Diagnostika

Při diagnostice je nutné pomyslet na samotnou možnost vzniku samotného whiplash injury, a to u každé dopravní nehody či úrazu nebo jiné kolize, jelikož se první příznaky mohou manifestovat až s časovým odstupem. Stanovení whiplash injury a WAD je založeno hlavně na klinickém obraze a projevujících se symptomech. Důležité je brát v potaz samotný mechanismus úrazu. Vyšetření by mělo zahrnovat podrobnou anamnézu se zaměřením na předchozí úrazy Cp. Důležité je také pomyslet na přítomnost červených praporků, které poukazují na možné rizikové údaje při odběru anamnézy a vyšetření. Mezi možná rizika spojená s whiplash patří spinální poranění, komprese míchy, skeletální poškození či vaskulární insuficienci. Významná je identifikace možných psychosociálních překážek, jako je stres či úzkost, které by mohly výrazně prodlužovat dobu léčení, a hrozilo by zde větší riziko přechodu do chronické fáze. Objektivní vyšetření krční páteře by mělo zahrnovat rozsah pohybu a jeho možné omezení, palpaci v oblasti krčního a hrudního regionu, vyšetření pomocí neurodynamických testů, neurologické vyšetření a vyšetření pro možnou vertebrobazilární insuficienci. (Tameem, et al., 2014; Pastakia, Kumar, 2011; Cameron, et al., 2014)

3.6.1 Přístrojové vyšetření

Pro další diagnostiku se využívá i přístrojové vyšetření. Nejčastěji využívané je nativní rentgenové vyšetření (RTG), které má ovšem malou citlivost pro detekci traumatických poranění krční páteře. Vyšetření se provádí společně v projekci boční a předozadní, kdy zde můžeme pozorovat vyrovnání krční lordózy (viz Obrázek 5) a možné degenerativní změny obratlů či fraktury. Méně využívané je vyšetření pomocí počítačové tomografie (CT), které může odhalit možné dislokace či subluxe v oblasti Cp, ale velmi často neodhalí samotnou příčinu whiplash syndromu. Naopak magnetická rezonance (MRI) může poukázat na poranění měkkých tkání a hodnotit tak ligamenta či intervertebrální disk. V praxi je CT a MRI vyhrazeno především pro pacienty s podezřením na poranění disku, míchy či zlomenin, proto nejsou tyto vyšetření častou variantou a využívají se především u dlouhodobých přetrvávajících bolestí paží, neurologických deficitů nebo klinických příznaků komprese nervových kořenů spojené s WAD. (Yadla, et al., 2008; James 2009)

Obrázek 5 Ztráta lordotického zakřivení krční páteře



(dostupné z: <http://www.castlechiropractic.org/wp-content/uploads/2015/09/whiplash.png> [cit. 02-07-2018])

3.7 Klinický obraz

Symptomy a obtíže mohou vznikat ihned po nárazu, ale i s odstupem několika hodin, či dní. Vlivem nárazu může být klinický obraz ovlivněn míšním šokem či možným otřesem mozku. Symptomy se mohou objevovat rozlišně, a to vždy s určitou latencí od traumatu. V průběhu prvních 6 hodin dochází k manifestaci asi u 65% osob, během 24 hodin se symptomy objevují u dalších 28% a až během 72 hodin u zbývajících 7%. (Ambler, 2000; Rydevik, 2008)

3.7.1 Symptomy

Mezi nejčastější symptomy patří bolest krční páteře, která se objevuje až u 82% pacientů. Dále následuje ztuhlost šíje s omezením rozsahu pohybu krční páteře, bolesti hlavy, bolesti ramen, bolesti mezi lopatkami. Zaznamenány jsou i studie, kdy si pacienti stěžovali na bolesti temporomandibulárního kloubu. Mezi další poruchy, které popisují klinické studie, patří propagace bolestí do horních končetin, parestezie či snížená svalová síla na horních končetinách, vizuální a sluchové potíže, závratě, nevolnost, dysfagie, anxieta, poruchy spánku a pocity nestability, které budou podrobně zmíněny v následující kapitole. (Rydevik, 2008; Pajediene, 2015)

3.7.2 Cervikogenní vertigo

Zprostředkování propioceptivní aferentace z jednotlivých kloubů a svalů má vysoký význam pro udržení posturální stability. V oblasti horní krční páteře, a to především v hlubokých šíjových svalech, je vysoký výskyt těchto receptorů. Fasetové klouby jsou nejvíce inervované klouby z celé páteře a 50% všech krčních propioceptorů je uloženo v kloubních pouzdrech segmentů C1 – C3. Tyto receptory se nepodílejí jenom na pohybu krční páteře, ale zprostředkovávají také informace pro CNS vzhledem k orientaci polohy hlavy vůči poloze těla a úzce spolupracují s vestibulárním a vizuálním systémem. Ke změně funkce těchto receptorů může dojít vlivem přímého traumatu měkkých tkání, svalového hypertonu, degenerativních změn, nebo vlivem přetrvávající bolesti, kdy dochází abnormální aferentní odpovědi z krčního regionu. Tato dysfunkce může často způsobit cervikogenní vertigo, které vede k fyzickým problémům, jako jsou pocity nestability a může také zapříčinit psychologické poruchy a jiná postižení. (Li, Peng, 2015; Hellström, et al., 2005; Hain, 2015)

Whiplash poranění je často velmi úzce spojováno s poruchou propioceptivního inputu a výskytem cervikálního vertiga. Klinické studie udávají výskyt této poruchy až u 50% pacientů. Endo et al. (2008) ve své studii porovnávali pacienty po whiplash, udávající pocity posturální nejistoty a závratí, se zdravou populací prostřednictvím posturografického vyšetření. Pacienti po whiplash vykazovali mnohem horší úroveň posturální kontroly. Tyto výsledky byly signifikantně prokázány, a to v porovnání s kontrolní skupinou. (Li, Peng, 2015; Endo et al., 2006; Endo et al., 2008)

Tyto poruchy souvisejí především s následujícím rozvojem WAD a přítomných symptomů. Největší podíl na modulaci propioceptivní aferentace má přítomná bolest krčního regionu a omezení pohyblivosti. Dále je to natažení či mikrotraumatické poškození intervertebrálních kloubů, kloubních pouzder, krčních ligament, nebo přetrvávající hypertonus svalů v oblasti krku a hlavy. Všechny tyto faktory mohou způsobovat rozvoj cervikálního vertiga a následné ovlivnění posturální stability. (Yacovino, Hain, 2013)

Pro řízení stabilizace určité polohy je důležité mít vytvořené základní vzory, které se programově organizují. Na tento polohový program navazuje již cílený pohybový program, který slouží k samotné realizaci daného pohybového záměru. Pro udržení vertikální stability je nutné nejen programové vybavení zajišťující vzpřímené držení, ale i průběžná korekce polohy. Pro tvorbu polohových a pohybových programů

hraje důležitou roli aferentace, které má obzvlášť velký význam v oblasti horní Cp. Vlivem nociceptivní aferentace dochází ke vzniku náhradního polohového i pohybového vzoru, který se může následně fixovat a tvořit další omezení. Posturální funkce, sloužící pro udržení dané polohy, vzniká na subkortikální úrovni. Při nedokonalé stabilizaci dochází ke vzniku pocitu posturální nejistoty, který může přejít až do závratě provázené vegetativní reakcí. (Véle, 1995)

Bolest krční páteře, která se objevuje skoro u všech případů spojené s whiplash injury, může způsobit posturální nestabilitu. Tento mechanismus je založen na změně somatosenzorického vstupu spojeného s vysokou citlivostí receptorů v oblasti krční páteře. Zvýšením svalového napětí dochází ke vzniku bolesti, kdy dochází k následnému hromadění metabolitů ve svalech a snížení senzitivity proprioceptorů, což vede k chybným proprioceptivním informacím zprostředkovaných z cervikálních svalů. U pacientů jsou také často přítomny myofasciální spoušťové body vytvářející nociceptivní odezvu. Vztahem proprioceptivní aferentace k výskytu cervikálního vertiga se zabývala také studie Kristjanssona a Treleavena (2009), do které se zapojili pacienti po whiplash injury trpící bolestmi v oblasti krku. Tato studie poukázala na přítomnost četného výskytu kloubních blokády krční páteře a abnormálního nastavení kloubních ploch v porovnání se zdravou populací. (Kristjansson, Treleaven, 2009; Peng, 2018)

Diagnostika cervikálního vertiga je velmi obtížná, protože může být ovlivněna mnoha faktory. Hlavním příznakem bývá především bolest, kterou pacienti popisují především v oblasti horní Cp. Když není přítomen žádných z výše zmíněných faktorů, je důležité vyloučit ostatní možné příčiny a poruchy, jako je například benigní paroxysmální poziční vertigo či rotační vertebro-arteriální vertigo. Pro stanovení správné diagnózy je třeba připojit i další neurologické vyšetření, či využít zobrazovacích metod. (Noh, et al., 2011; Peng, 2018)

3.7.3 Vliv nociceptivní aferentace

Traumatická poranění a změny v měkkých tkáních jsou hlavním důsledkem výskytu klinických projevů u pacientů po whiplash. Hlavní příčinou bolesti je především poškození vazů, svalů, fasetových kloubů a jejich kapsulárních pouzder. Distenze či mikrotraumatizace krčních vazů vede k následnému abnormálnímu rozsahu pohybů v intervertebrálních kloubech, s následným rozvojem hypermobility daných segmentů. Distenze kloubních pouzder často způsobuje bolest v dané lokalitě. Při poranění krčních vazů a intervertebrálních kloubů CP dochází následkem traumatu

k zánětlivým procesům, kdy následně nastává snížení prahu senzitivity nociceptorů. Důsledkem toho je vznik signalizace bolesti, která bývá zachována i při fyziologickém rozsahu pohybu. V intervertebrálních kloubech je uloženo mnoho nociceptorů i mechanoreceptorů, které podněcují reflexní svalovou aktivaci a dochází tak ke vzniku obranného spasmu svalů, které mají chránit postižený segment. Tento stav se projevuje výskytem obranného spasmu posturálních svalů v oblasti krku a ramen. Častý je také výskyt trigger pointů, a to především ve svalech m. sternocleidomastoideus, m. scalenus medius, m. splenius capitis, m. semispinalis, m. masseter, m. trapezius. Tyto svaly mohou následně působit přenesenou bolest do oblasti hlavy a horních končetin (Davis, 2013; Foreman, Croft, 2002; Ettlín, 2008)

3.7.4 Změna pohybových vzorů

Bolest u pacientů po whiplash injury může být spojena s poruchami senzomotorických schopností a také s výskytem následných motorických poruch, spojených především s fixací nevhodných cervikálních pohybových vzorů. (Woodhouse, 2010)

Zprostředkování nocicepce vede k vědomé i nevědomé změně pohybového chování. Vyvolanou bolest se člověk snaží zmírnit šetřením daného segmentu pohybové soustavy a omezuje tak vědomě svoji činnost. (Véle, 1997)

Hlavní odpovědí lidského organismu je snaha snížit vyvolanou bolest a zmírnit tak subjektivní příznaky. Na subkortikální úrovni mění nocicepce volbu posturálních programů, modifikuje pohybové vzory a pohyby tak probíhají na úrovni akceptovatelné nocicepce. Takto vzniklé reflexní mechanismy slouží k ochraně před zhoršením bolesti a přetěžováním pohybového aparátu a dominují zejména při akutních bolestivých stavech. Postupně dochází k rozvoji a fixaci nevhodných motorických stereotypů, které přetrvávají i po odstranění hlavní příčiny. Tyto nově nabyté patologické pohybové stereotypy pak mohou být příčinou další nocicepce. (Véle, 2006; Vařeka, Dvořák, 2001)

3.8 Patofyziologie

Postižení jednotlivých tkání při whiplash události bylo dokumentováno při experimentech se zvířaty, kadaverickými vzorky a zdravými dobrovolníky. Klinické studie poukazují na to, že většina lézí jednotlivých tkání není dobře detekovatelná zobrazovacími technikami, proto hlavní příčiny obtíží bývají často skryty. U pacientů po whiplash injury bylo zaznamenáno poškození fasetových kloubů, krčních ligament,

meziobratlových disků, svalů, vertebrální tepny, léze nervových kořenů či krčního páteřního ganglionu. (Curatolo, et al., 2011; Rydevik, 2008)

Na rozsahu a velikost postižení má vliv několik různých faktorů. Druhy poškození jednotlivých tkání krční páteře závisí především na rychlosti nárazu, velikosti akceleračních sil, kinetice při nárazu, poloze hlavy při nárazu, vzniku flexního a extenčního pohybu se současnou rotací, typu hlavové opěrky a využití bezpečnostních pásů. (Curatolo, et al., 2011; Malanga, Nadler, 2002)

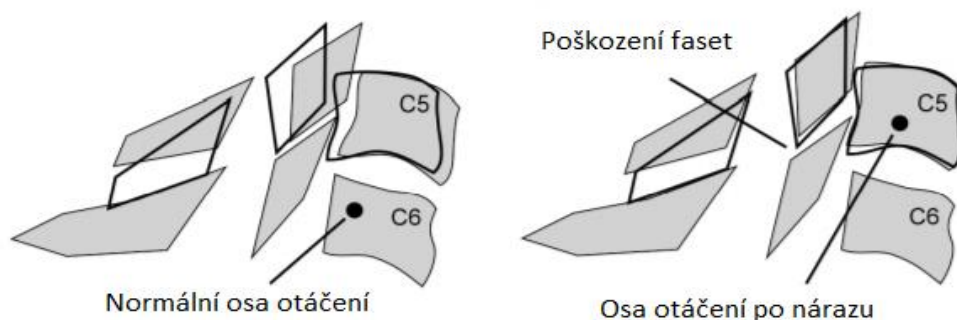
Je popisováno několik teorií, které hrají hlavní roli v poranění jednotlivých tkání. Jedna z nich popisuje jako hlavní mechanismus poranění vznik smykového namáhání se současnou kompresí obratlů v průběhu whiplash události.

Při nárazu zezadu dochází ke vzniku smykových sil v Cp v důsledku toho, že pohyb trupu předchází následnému pohybu hlavy. Smykové síly se postupně přenáší na jednotlivé sousedící obratle a k největšímu pohybu dochází v oblasti dolní Cp, na což poukázal Deng et al. (2000) ve své studii na 6 kadeverických vzorcích. Jako další jsou generovány tlakové síly, které jsou vyvolány v důsledku náhlého napřímení hrudní páteře. Tento jev vede k častému poškození měkkých tkání, zejména tedy k postižení fasetového kloubu a jeho kapsulárních ligament.

3.8.1 Intervertebrální klouby

Bolest spojená s postižením intervertebrálního kloubu se u pacientů nachází až v 50% případů. Hlavním mechanismem poškození během whiplash události je komprese faset. Pohyb, který zde vzniká, se výrazně liší od běžného fyziologického modelu. Při běžném pohybu do extenze dochází k rotaci obratle dozadu pomocí translace a pohyb faset je tak hladký a plynulý. Po nárazu, kdy vzniká fáze S-zakřivení Cp, nastává v důsledku axiální komprese vzestupný posun okamžité osy otáčení jednotlivých segmentů. Když dojde k posunu této pomyslné osy vzhůru a k rotaci horního obratle do extenze bez přítomnosti translačního pohybu, zadní hrana spodní kloubní fasety narazí do horních faset obratle spodního, a to vyvolá následnou traumatizaci (viz Obrázek 6). K největším kompresím dochází především v oblasti dolní Cp při maximální intervertebrální extenzi. (Bognuk, 2011)

Obrázek 6 Mechanismus poškození fasetových kloubů



(upraveno a převzato od Kaneoka, et al., 1999)

Postižení kapsulárních ligament je vyvoláno smykovými silami a následným enormním protažením kapsulárního pouzdra. Dochází k tomu především ve vyšších akceleracích. Nejčastěji se toto zranění vyskytuje v anteriorních vláknech a je důsledkem časté instability segmentu a častým zdrojem bolesti. (Yoganandan, et al., 2013)

Tímto problémem se zabýval Ivancic et al. (2008), který pro svůj výzkum použil kadaverické vzorky krční páteře. Na těchto vzorcích testoval elongaci jednotlivých struktur, kdy po simulaci sil představující náraz došlo k výrazné distenzi krčních ligament a tyto vzorky poté vykazovaly i větší flexibilitu těchto struktur v porovnání se vzorky kontrolními. Poškozením kapsulárního ligamenta může dojít k dráždění volných nervových zakončení, což vede ke zvýšení svalového tonu v oblasti krční páteře a možnému porušení proprioceptivnímu přenosu pro stabilizační funkci páteře.

K podobným výsledkům došla i studie Andersta et al. (2014), kteří při experimentu in vivo pozorovali deformaci kapsulárního ligamenta pomocí radiografie a speciálního 3D kinematického modelu při maximální flexi a extenzi u zdravé populace. Z výsledku je zřejmé, že dochází k rozdílnému namáhání v jednotlivých etážích páteře a k největší elongaci a možnému poranění dochází v anteriorních kapsulárních ligamentech.

3.8.2 Ligamenta

Pro whiplash injury je charakteristické časté traumatické poranění krčních ligament, které jsou také zdrojem bolesti a mohou způsobit následnou instabilitu jednotlivých segmentů. Klinické studie zjistily, že nejčastěji je tomu tak u lig. longitudinale anterius. Toto ligamentum splývá s anteriorními prstenci

intervertebrálního disku a často tak může vzniknout přidružené poškození tohoto disku. K největšímu přetížení lig. longitudinale anterius dochází v průběhu S-fáze, a to zejména dolní části Cp při nadměrné extenzi. (Ivancic, et al., 2004; Stemper, et al., 2006)

V některých případech bylo zaznamenáno trauma posteriorní atlanto-okcipitální membrány a alárního ligamenta v horní krční páteři, které vede k instabilitě kraniocervikálního skloubení. Na základě MRI, které hodnotilo vztah protažení tohoto ligamenta, bylo určeno potencionální riziko vzniku toho úrazu. (Fice, Cronin, 2012; Krakenes, et al., 2003)

3.8.3 Intervertebrální disk

Léze intervertebrálního disku, která je často spojována s radikulárními symptomy, může být přítomna asi u 20% pacientů. Bylo zjištěno, že segmentová úroveň C5-C6 vykazuje největší míru možnosti poškození, na což poukazuje i biomechanický model méně závažného poškození míchy u pacientů s preexistujícím zúžením míchy. Hlavní příčinou traumatu je smykové a kompresní zatížení, kdy bývá postižen především anulus fibrosus. Následně může dojít k protruzi až herniaci nucleus pulposus a závažné iritaci míchy či nervových kořenů. Rovněž se může odtrhnout část disku od obratlového těla. (James, et al., 2009, Ito, et al., 2004)

3.8.4 Nervové kořeny a páteřní ganglion

Poškození těchto nervových struktur vzniká následkem změn tlaku v páteřním kanále při rychlých pohybech hlavy a krku. Délka páteřního kanálu se mění zejména při náhlé a rychlé extenzi krční páteře, ale průřezová plocha kanálu zůstává stejná. Tkáně uvnitř kanálu jsou prakticky nestlačitelné, proto se změna musí odehrávat v množství krve v epidurálním prostoru. Tento jev vyžaduje náhlou distribuci krve skrz intervertebrální foramina. Během náhlého extenčního mechanismu v druhé fázi whiplash události lze očekávat výskyt tlakových gradientů a změny rychlosti proudění krve skrz intervertebrální foramina nad fyziologické hodnoty, a tím může dojít k poškození nervových struktur. (Curatolo, et al., 2011; Sterling, Kenardy, 2011)

3.8.5 Svaly

Přímé zranění svalů nastává především při jeho nadměrné elongaci a následné aktivaci, kdy se svaly snaží kompenzovat dané postavení hlavy a krční páteře vyvinutím excentrické kontrakce svalů. Nejčastěji jsou postiženy svaly m. sternocleidomastoideus

a m. semispinalis capitis. Zaznamenány byly i hodnoty dokumentující poškození těchto svalů, a to 24 hodin od úrazu. (Scott, Sanderson, 2002; Vasavada, et al., 2007)

Studie Elliotta et al. (2006) prokázala výskyt svalových degenerací v cervikálních extenzorech u pacientů po whiplash s přetrvávajícími obtížemi od 3 měsíců až do 3 let od úrazu, a to v porovnání se zdravou kontrolní skupinou. Tyto nálezy byly nejvíce rozšířeny v m. rectus capitus posterior major a minor a mm. multifidi na segmentové úrovni C3. Výskyt strukturálního deficitu v hlubokých šíjových svalech může mít souvislost s následným porušením proprioceptivního inputu z šíjové oblasti, poruchami rovnováhy nebo narušením motorického řízení pohybů hlavy a krku. (Liu, et al., 2003)

3.8.6 Arteria vertebralis

Předpokládané protažení krční páteře během extenze za současné axiální rotace může vést k poranění arteria vertebralis. Tento fakt podpořila i biomechanická studie Ivancice et al. (2006), která poukazuje na nadměrnou elongaci a. vertebralis způsobenou především rotační polohou hlavy při nárazu. Může docházet až k mikrotraumatizaci cévní stěny či vzniku následného spazmu. (Carlson, et al., 2007)

3.8.7 Ostatní nervové struktury

Během whiplash události může dojít k přímému poranění neurálních struktur. Jsou to především poranění míchy vyvolané nadměrným protažením při pohybu do flexe či extenze. K poraněním míchy či míšních kořenů může dojít také vlivem zlomeniny obratlového těla. Může též docházet ke kontuzi nebo komoci mozku při nárazu nebo ruptuře meningeální arterie. Výsledkem toho může být náhlý vznik subdurálního či extradurálního hematomu, který může vést ke kompresi dalších struktur a přítomnosti neurologických symptomů. (Foreman, Croft, 2002)

3.8.8 Temporomandibulární kloub

Klinické studie poukazují na výskyt poškození temporomandibulárního kloubu v souvislosti s whiplash. Při nárazu se hlava dostává do extenze a mandibula zůstává na svém původním místě. To může zapříčinit následnou mandibulární dislokaci. Vlivem tohoto procesu může vzniknout poranění ligament či interkondylárního disku, kdy dojde k následnému krvácení či zánětu kloubu. Tyto změny mohou způsobit spasmus svalů a následné možné řetězení bolesti. Ačkoli je toto poranění často prokazatelné na MRI, názory na souvislost s whiplash injury se dost často liší. (Fernandez, et al., 2009)

3.9 Terapie

Pro terapii a práci s pacienty po whiplash injury je zásadní znalost celé problematiky, adekvátní vyšetření vzhledem ke klinickým projevům, správná iniciální léčba a dostatečná edukace a aktivní zapojení pacienta. Zásadním cílem je zmírnění klinických symptomů, prevence vzniku sekundárních změn a přechodu do chronického stádia a zabránění rozvoje psychických obtíží, které mohou komplikovat samotnou léčbu. (Sterling, 2014; Zemanová, Vacek, Bezdodová, 2003)

Poranění následkem whiplash se velmi často špatně léčí, protože se symptomy mohou dost často projevovat bez jakéhokoli objektivního klinického či přístrojového nálezu. Vhodně zvolená terapie závisí především na stupni WAD. Důležitá je co nejvíce komplexní péče zahrnující fyzioterapeutický, farmakologický a psychosociální přístup. Při léčbě pacientů s WAD I. a II. po whiplash injury se nejčastěji setkáváme s dvěma typy přístupu, a to aktivním a pasivním. (Yadla, et al., 2008, Sterling, 2014)

3.9.1 Pasivní léčebný přístup

Hlavním aspektem při pasivní terapii je klidný průběh hojení. Při špatně zvolené terapii a brzkém zásahu by mohlo dojít ke zhoršení současného stavu. Pasivní léčba zahrnuje individuální farmakoterapii, kdy se pacientům nejčastěji podávají analgetika, nesteroidní antirevmatika, antidepressiva, kodein, myorelaxancia, či anestetické obstříky. Léčebný proces bývá doplněn o fyzikální terapii, jako je aplikace tepla, kontinuálního ultrazvuku, elektroterapie či využití jemných manuálních technik. (Tameem, et al., 2014, Zemanová, Vacek, Bezdodová, 2003)

Hlavním bodem tohoto přístupu je využití imobilizace krční páteře pomocí límce po dobu 4-6 týdnů. Tato možnost léčby se dost často jeví jako málo efektivní a toto téma je častým střetem diskuzí. Krční límec omezuje pohyb asi na 75% z celkového možného rozsahu. V důsledku dlouhodobého využívání krčních límců může docházet k následné atrofii svaloviny, především hluboko uložených krčních svalů, které svému nositeli neposkytují dostatečné proprioceptivní informace. Následně dochází k porušení držení hlavy s možným oploštěním krční lordózy. Tento problém může vést ke vzniku degenerativních změn. Vědecké studie poukazují na to, že vlivem dlouhodobé imobilizace dochází ke zvýšení tvorby vazebných mŕstku, tím se mění tuhost vaziva a tkáň se tak stává méně pohyblivou. Až po odnětí krčního límce dochází k následné aktivní terapii, která je popsána v další kapitole. (Malanga, Nadler, 2002; Muzin, et al., 2008; Barsa, Suchomel, 2005)

3.9.2 Aktivní léčebný přístup

Při aktivním přístupu je u pacientů doporučena imobilizace krčním límce jen po krátkou dobu, a to např. během prvního týdne při zánětlivé fázi hojení tkáně po úrazu. Vzhledem ke komplikovanosti užívání krčního límce by měla být jeho aplikace přísně individuální. U pacientů je též aplikována farmakoterapie a fyzikální terapie, která byla popsána při pasivním způsobu léčby. Po krátké imobilizaci krčním límcem nastává přechod do aktivní fáze terapie. Nejdříve se využívá aktivních pohybů malého rozsahu a pozoruje se pacientova symptomatická odpověď. Jako další aktivní cvičení se může zařadit McKenzie metoda s využitím opakovaných rotačních pohybů, a to až do přítomnosti první bolesti. Jako další část terapie lze využít pasivní mobilizace především dolní krční páteře, a to vždy v nebolestivém směru. Mobilizace v oblasti horní krční páteře není vhodná v akutním stadiu. Z manuálních technik se využívá lehké ruční trakce v obloukovité flexi. Celkový přístup spočívá v úpravě svalových dysbalancí a redukci svalového hypertonu a úpravě pohybových stereotypů. V dalších fázích se volí i posturální cvičení zaměřené na aktivaci hlubokého stabilizačního systému páteře zejména tedy v oblasti Cp. Léčba může být doplněna o jiné alternativní metody jako je akupunktura. (Malanga, Nadler, 2002; Sterling, 2014; Zemanová, Vacek, Bezdovodová, 2003)

3.9.3 Porovnání aktivního a pasivního přístupu

Existuje několik studií, které porovnávají časnou aktivní terapii s terapií pasivní. Rosenfeld et al. (2000) využili ve své studii 4 skupiny probandů s whiplash injury. Dvě skupiny zahájily aktivní terapii. První skupina zahájila rehabilitaci 4 dny po úrazu a druhá 14 dní po úrazu. Zbylé dvě skupiny absolvovaly léčbu pomocí měkkého límce a indikace klidu, a to ve stejném časovém horizontu od úrazu jako skupiny provádějící aktivní terapii. Výsledky byly vyhodnoceny s časovým odstupem 6 měsíců. U obou skupin nebyl významný rozdíl při měření rozsahu pohyby Cp, ale pacienti obou aktivních skupin udávali větší pokles bolesti v porovnání s oběma skupinami absolvujícími nejdříve léčbu pasivní.

Schnabel et al. (2004) porovnávali efekt pasivního a aktivního přístupu u 200 pacientů po whiplash injury s WAD I. a II. Jedna skupina podstoupila léčbu s využitím měkkého límce a druhá využila časného cvičení pod dohledem fyzioterapeuta. Výsledky byly vyhodnoceny po 6 týdnech, kdy se u pacientů porovnávala vizuální analogová škála bolesti (VAS) a index disability. Skupina, která podstoupila aktivní terapii, měla

výrazně nižší VAS a nižší index disability, což poukazuje na výhodu časně aktivní terapie u pacientů po whiplash.

Kongsted et al. (2007) do své studie zapojili 458 pacientů, kde mezi jednotlivými skupinami porovnávali efekt časně aktivní terapie a pasivní léčby pomocí krčního límce po dobu 14 dnů a následné rehabilitační intervence. Výsledky byly vyhodnoceny v průběhu 3 a 6 měsíců od úrazu a následně i po 1 roce od úrazu. Jako hodnotící parametr byla zvolena VAS a disability index. V průběhu všech hodnocení nebyl prokázán signifikantní rozdíl mezi oběma skupinami a nelze tedy stanovit výhodu jednotlivých přístupů.

Dehner et al. (2006) se ve své studii zabývali vlivem 2 a 10 denní imobilizace pomocí krčního límce u pacientů s whiplash injury s WAD II. Pacienti byli rozděleni do dvou skupin. Jedna skupina nosila měkký límec po dobu 2 dnů a druhá po dobu 10 dnů. Límec byl pacientům nasazen 24 hodin po úrazu. Po 7 dnech pacienti začali s aktivní rehabilitací, kterou absolvovali 2x-3x týdně po dobu 6 týdnů. Jako hodnotící faktor zde byla VAS, disability index a měření rozsahu pohybu Cp. Výsledky byly vyhodnoceny po 2 a 6 měsících. Mezi oběma skupinami nebyl prokázán signifikantní rozdíl ve všech parametrech. Nedal se tedy přesně stanovit vliv délky imobilizace na pozdější příznaky, ale autoři též poukázali na fakt, že není třeba výrazně prodlužovat dobu využívání měkkého límce.

3.10 Přejchod do chronického stádia a prognóza

Klinické studie potvrzují, že až u 50% pacientů po whiplash injury přetrvávají klinické symptomy, a to až po 1 roce od poranění. Důležitým rizikovým faktorem pro vznik chronického WAD je přítomnost vysoké intenzity bolesti a omezená hybnost krční páteře ihned po whiplash události. Správná diagnostika a včasná terapeutická péče může výrazně ovlivnit tyto faktory a snížit tak riziko dlouho přetrvávajících následků. (Linda, et al., 2009; Kongsted, et al., 2007; Bohman, 2012)

Chronický WAD, který je také označován jako late whiplash syndrom je charakterizován jako onemocnění, které je typické svým klinickým obrazem a přítomnými příznaky: bolest a ztuhlost krku, bolesti hlavy, závratě, parestázie horních končetin či psychické obtíže, které jsou u pacientů přítomny déle jak půl roku od whiplash poranění. Například ve Spojených státech amerických zaujímá late whiplash syndrom asi 6% všech bolestí Cp. U tohoto syndromu se navzájem překrývají složky organického původu a původu psychosociálního, které hrají také významnou roli při

přechodu do chronicity. Jedním z hlavních důvodů výskytu chronického stádia bývá traumatické postižení fasetových kloubů a kapsulárních pouzder. Toto traumatické postižení je asi u 60% pacientů příčinou chronické bolesti. (Asch, et al., 2003, Keith, et al., 2008)

Mezi hlavní rizikové faktory pro přechod do chronického stádia patří mechanismus úrazu, postavení hlavy a krční páteře při nárazu, výskyt degenerativních změn, věk, předchozí příznaky či obtíže spojené s bolestí krční páteře, pozitivní RTG nález pro kostní fraktury či jiná traumatická postižení. (Anderson, 2006; Amlber, et al. 2000)

Prognóza závisí především na časném vyhledání lékařské pomoci a zahájení terapeutické péče. Přibližně u 70% pacientů dojde ke zlepšení během několika týdnů a je zde velká šance pro vymizení všech symptomů. U 20 % pacientů symptomy stále přetrvávají, ale pacienti nejsou výrazně limitováni v práci či běžném životě. U zbylých 10% dochází k výraznému omezení pracovní činnosti i běžných denních aktivit. V případě, že obtíže spojené s whiplash injury přetrvávají déle jak 6 měsíců, jsou velmi často již trvalé, na což poukazuje i studie Galaska et al. (2000), kde byly u pacientů zaznamenány obtíže více jak 4 roky od úrazu. (Rydevik, 2008; Sterner, et al., 2003; Galasko, et al., 2000)

4 Posturální stabilita

4.1 Terminologie

Termín postura označuje klidovou polohu těla, která se vyznačuje aktivním držení pohyblivých segmentů vůči působení zevních sil, z nichž nejvýznamnější je síla tíhová. Posturu tedy chápeme jako dynamický proces neustálého udržování polohy těla v prostoru, který je zajišťován především napřímením axiálního systému. K provedení optimálního pohybu je nezbytné zaujmout a udržet optimální posturu, což je zásadní a nezbytnou součástí všech motorických programů. Z toho vyplývá, že nastavení postury je základní podmínkou pro začátek i konec všech cílených pohybů. Tento fakt doprovází i tvrzení, které vyslovil J. R. Magnus, že postura doprovází pohyb jako stín. (Véle, 2006; Vařeka, Vařeková, 2009)

Posturální motorika zajišťuje výchozí polohu pro pohyb tzv. atitudu, což je postura účelově a cíleně orientovaná. Jedná se o výchozí polohu zaměřenou na provedení konkrétní činnosti a zaujetí postoje k této činnosti. Tato poloha vzniká již před započítáním pohybu, kdy vlastní pohyb ještě neprobíhá, ale některé svaly začínají vykazovat zvýšenou aktivitu. (Véle, 2006; Vařeka, 2002)

Posturální stabilita je označována jako schopnost udržet vzpřímenou pozici těla a reagovat na změny zevních a vnitřních sil tak, aby nedošlo k nekontrolovanému pádu. Informace o změně podmínek v zevním a vnitřním prostředí jsou vyhodnoceny v CNS a ovlivňují tak stabilizační proces. Posturální stabilita je zajišťována pomocí spolupráce biomechanických a neurofyziologických vlivů. (Vařeka, 2002)

4.2 Posturální kontrola

Vzpřímené držení těla je zajišťováno udržováním nastavené polohy jednotlivých segmentů těla, které je řízeno z CNS. Udržování vzpřímené pozice těla je jednak spontánní, jednak je i programově fixováno a je jistým způsobem pro každého jedince individuální. Vytváří se tak pohybové programy, které slouží k realizaci pohybového záměru. Tyto programy se formují učením a neustálým opakováním. Zajišťují především udržení současné polohy a její následnou změnu. (Véle, 1995; Vařeka, 2002)

Posturální stabilita je zajišťována na základě rozdílných mechanismů, které se uplatňují při řízení motorického programu. Pro udržení statické posturální stability při vzpřímeném stoji je využíváno zpětné vazby tzv. feedback. Systém feedback zajišťuje zpětnou kontrolu, nutnou pro udržení stabilního vzpřímeného stoje, dále se uplatňuje

v případech, kdy již došlo k narušení stability. Pro zajištění dynamické posturální stability je využíváno vazby dopředné tzv. feedforward, která umožňuje krátkodobé předvídání situace, a tím včasnou předvolbu programu na základě zprostředkované aferentace. Tato strategie je využívána v situacích, kde je vychýlení ze stabilní polohy předvídáno a je založeno na předchozí zkušenosti. (Shumway-Cook, Woollacott, 2007; Véle, 2006)

Mezi faktory ovlivňující vzpřímenou pozici těla patří gravitace, hmotnost, výška, opěrná plocha a svalová aktivita. Posturální kontrola je zajištěna pomocí koordinace a integrace tří základních složek: sensorického systému, řídicího systému a efektorového systému. (Vařeka, Vařeková, 2009)

4.2.1 Sensorický systém

Hlavním úkolem sensorického systému pro udržení posturální stability je poskytování informací o změnách ve vnějším a vnitřním prostředí. Receptory přijímají podněty, které dále vedou jakou vzruch, šířící se dalšími částmi sensorického systému až do mozkové kůry. Do tohoto systému receptorů patří exteroceptory, interoceptory a propioceptory.

Exteroceptory zahrnují receptory přinášející informace ze zevního prostředí pomocí smyslového vnímání. Nejdůležitější část tvoří informace z vestibulárního aparátu v kombinaci s informacemi zrakovými. Receptory vestibulárního aparátu slouží k detekci polohy a pohybu hlavy v prostoru a jsou tak významnou složkou pro udržení posturální stability. Zrak je především důležitý pro orientaci v prostoru a umožňuje krátkodobou predikci situace, a tím včasnou předvolbu vhodného posturálního programu v dané situaci.

Propriocepce je součástí somatosensorického systému společně s kožní exterocepčí a je zprostředkována pomocí informací z kinestetických a somatosensorických analyzátorů. Kinestetické analyzátory jsou svalová vřeténka, šlachová tělíska a kloubní receptory, které umožňují detekovat vzájemnou polohu a pohyb jednotlivých částí těla. Velký význam pro propioceptivní aferentaci má především oblast planty, sakrální oblast a horní krční páteř. Somatosensorické analyzátory uložené v různých vrstvách kůže, přinášejí signály o změnách tlaku a poskytují tak propioceptivní informace o pohybu.

Další složkou jsou interoceptory, které odpovídají na chemické a mechanické podněty z vnitřního prostředí a podávající informace o stavu a funkci vnitřních orgánů.

Význam pro držení těla a pohyb má také nocicepce. (Trojan, 2003; Véle, 2006; Vařeka, 2002)

4.2.2 Řídicí systém

Hlavní řídicí funkce je zajištěna pomocí zpracování a vyhodnocení sensorických informací přicházejících do CNS. Na základě sensorické aferentace dochází k tvorbě pohybového záměru a následnému výběru motorického programu. Řídicí proces probíhá na různých úrovních a to na spinální, subkortikální a kortikální. Na udržení vzpřímené polohy se podílejí především tyto složky CNS: spinální mícha, retikulární formace, thalamus, mozkový kmen, mozeček, bazální ganglia a mozková kůra.

Spinální mícha je nejnižším centrem řízení motoriky a její uplatnění je v míšních reflexech a v reflexní motorice. Retikulární formace prostřednictvím sensorických aferencí vytváří podmínky pro samotnou realizaci pohybu a podílí se na udržování svalového tonu. Vestibulární jádra, která se nacházejí v mozkovém kmeni, analyzují velké množství informací z vestibulárního aparátu a z retikulární formace či mozečku a slouží jako důležité koordinační centrum celého rovnovážného systému. V mozkovém kmeni jsou i motorická centra regulující svalový tonus a posturální reflexy. Bazální ganglia mají za úkol převádět plánované pohyby do pohybových programů a odpovídají za plynulost pohybu. Thalamus má důležitou funkci při převodu sensorických i motorických informací. Mozeček se podílí na řízení svalového tonu, rovnováhy a koordinaci pohybů a je to tedy důležité integrační a koordinační centrum mimovolní i volní hybnosti. Vstupují do něj aferentní sensorické signály a informace z mozkové kůry a je tedy součástí zpětnovazebného systému. Nejvyšším centrem řízení je mozková kůra, která je nadřazená ostatním složkám CNS a která zpracovává a vyhodnocuje aferentní vstupy. Mezi hlavní funkce mozkové kůry patří řízení volní motoriky, programování a realizace cílených pohybů, dále plánování, strategie, syntéza pohybů. (Véle, 2006; Ambler 2011)

4.2.3 Efektorový systém

Efektorový systém, který slouží pro udržení vzpřímené pozice těla, je tvořen pohybovým systémem, který je definován nejen anatomicky, ale i funkčně. Aktivní výkonnou složku tvoří svaly, kdy zásadní roli mají svaly kosterní, které leží na pomezí složky řídicí a výkonné. Tyto svaly mají z důvodu propiocepce důležitou úlohu i v sensorické oblasti. Pro zajištění posturální stability má význam i složka pasivní, kterou tvoří vazy, kosti a chrupavčité struktury. Obě tyto složky se navzájem doplňují

a nelze je od sebe oddělit. Největší význam pro zajištění stabilní a vzpřímené pozice těla má axiální systém, oblast pánve a dolní končetiny. (Vařeka, Vařeková, 2009; Véle, 1995)

4.3 Vliv krční páteře na posturální stabilitu

Pro udržení vzpřímené a rovnovážné pozice těla jsou nesmírně důležité aferentní informace z vestibulárního systému, propioceptivního systému a zraku. Receptory v oblasti krční páteře hrají významnou roli pro zprostředkování propioceptivních signálů, které reflexně spolupracují s výše zmíněným vestibulárním aparátem, zrakem a centrálním nervovým systémem. Aferentní informace z cervikálních receptorů mohou být ovlivněny poraněním v oblasti krční páteře, což má za následek sníženou funkci těchto receptorů, sníženou senzitivitu svalových vřetének krčních svalů či nocicepci. (Treleaven, 2008)

V horním krčním regionu, a to především v suboccipitálních svalech, se nachází mnoho svalových vřetének. Jejich výskyt je zde asi kolem 200 vřetének na gram svalu a jejich význam je důležitý v zprostředkování propioceptivní informace regulující posturální kontrolu těla. Při poruše vedení aferentní informace z suboccipitálních svalů dochází ke vzniku posturální nejistoty, která byla zaznamenána i ve studii Boveho et al. (2006) při užití lokální vibrace v oblasti horní Cp. (Liu, et al., 2003)

Cervikální oblast se také podílí na zprostředkování reflexů pro pohyb očí, pozici hlavy při pohybu a posturální stabilitu. Mezi tyto reflexy patří: reflex cervico-kolický, cervico-okulární a hluboké šíjové reflexy. Hluboké šíjové reflexy mají vliv na tonus posturálního svalstva a sensorickými orgány pro tyto reflexy jsou především kloubní plochy, vazy a kloubní pouzdra prvních tří obratlů. Cervico-kolický reflex vzniká především při protažení krčních svalů a zajišťuje správnou pozici hlavy při pohybu. Cervico-okulární reflex se podílí na řízení extraokulárních svalů a napomáhá tak pohybu očí a samotnému zraku. (Treleaven, 2008; Li, Peng, 2015)

Vlivem bolesti a následnému zvýšení napětí krčních svalů dochází k nepřiměřené propioceptivní a vestibulární aktivaci cervico-kolického reflexu. Vzniká porucha mezi ostatními sensorickými složkami a propioceptivní aferencí z oblasti horní krční páteře, následkem toho mohou být pocity posturální nejistoty a poruchy rovnováhy. (Treleaven, 2008; Kristjansson, Treleaven, 2009)

Krční páteř má tedy přímý vztah k posturální stabilizaci a řídicím mechanismům, které zabezpečují vzpřímený a stabilní stoj. Tato funkce může být

ovlivněna traumatickými či degenerativními procesy, které způsobují následný vznik bolesti či svalový hypertonus modulující aferentní informace. (Véle, 1995)

4.4 Posturální strategie

Strategie, které zabezpečují posturální stabilitu, můžeme rozdělit na statické a dynamické. Statické strategie představují rovnovážné reakce a balanční mechanismy, které se snaží zajistit stabilní stoj bez změny kontaktu plochy opory. V případech, kdy dochází k vychýlení stabilní polohy, je volena dynamická strategie. Tato strategie zajišťuje posturální stabilitu pomocí přesunu opěrné plochy, aby průmět těžiště těla zůstal uvnitř opěrné báze. Při selhání této strategie je prostřednictvím řídicího systému zvolen program řízeného pádu.

Mezi další mechanismy udržující posturální stabilitu zařazujeme hlezenní a kyčelní strategii a krokový mechanismus. (Vařeka, 2002; Horak, 2006)

4.4.1 Hlezenní strategie

Hlezenní strategie se uplatňuje především při klidném stoji. Slouží pro kompenzaci výchylek v antero-posteriorním směru, kdy dochází k souhře plantárních a dorzálních flexorů hlezenního kloubu. K zapojení svalových skupin dochází od distálních svalů směrem k proximálním. Při přesunu těžiště ventrálním směrem dochází nejprve k aktivaci plantárních flexorů, poté hamstringů a následně paravertebrálních svalů. Při posunu těžiště směrem dorzálním je nejprve zapojen m. tibialis anterior, poté m. quadriceps femoris a poté abdominální svaly. (Shumway-Cook, Woollacott, 2007; Horak, 2006, Vařeka, 2002)

4.4.2 Kyčelní strategie

Kyčelní strategie je využita v situacích, kdy hlezenní strategie není schopna zajistit dostatečnou stabilitu dané pozice, nebo v případě, kdy je potřeba rychlá změna těžiště těla. Zajišťuje stabilitu v medio-laterálním směru a zapojení svalů je zde proximálně distální. (Shumway-Cook, Woollacott, 2007; Horak, 2006, Vařeka, 2002)

Obě tyto strategie se navzájem doplňují a kombinují z důvodu rozdílné schopnosti stability v antero-posteriorním a medio-laterálním směru. Člověk je schopen lépe korigovat výchyly v medio-laterálním směru, což je dáno především anatomickým uspořádáním těla. Medio-laterální pohyby jsou více omezeny, jelikož v antero-posteriorním směru probíhá samotná lokomoce. (Véle, 2006; Vařeka, 2002)

4.4.3 Kroková strategie

Kroková strategie se aktivuje v případech, kdy jsou nároky na udržení rovnováhy vyšší, než je schopna zajistit strategie hlezenní či kyčelní a člověk je nucen udělat úkrok. Dochází tedy k dynamické změně opěrné báze za účelem obnovení rovnováhy, která je ovlivněna nečekaným zevním působením sil. (Shumway-Cook, Woollacott, 2007; Horak, 2006)

4.5 Vyšetření posturální stability

Posturální stabilitu lze posuzovat subjektivním klinickým vyšetřením, nebo objektivním přístrojovým vyšetřením – tzv. posturografií. Oba tyto přístupy lze hodnotit pomocí statických a dynamických testů. Klinické statické vyšetření zahrnuje např. volný bipedální stoj, Rhombergův stoj či stoj na jedné dolní končetině, k dynamickým testům pak řadíme vyšetření chůze a její modifikace. (Vařeka, 2002)

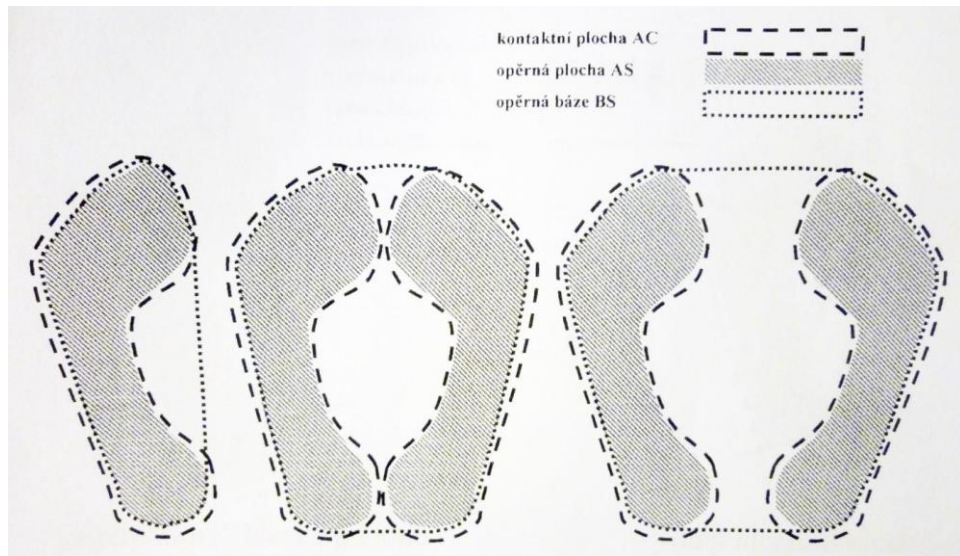
4.5.1 Posturografie

Posturografie, někdy též nazývána stabilometrie, je neinvazivní přístrojové vyšetření sloužící k objektivní kvantifikaci posturální stability a jejích poruch. Může být použita jak k diagnostickým účelům, tak i k zhodnocení terapeutického efektu. Při hodnocení posturální stability se využívá několika odborných termínů, které je nutné definovat, jelikož jsou mnohdy mylně zaměňovány.

- Plocha kontaktu (Area of Contact, AC) zahrnuje celou plochu dotyku podložky s povrchem těla.
- Oporná plocha (Area of Support, AS) část AC, která je aktuálně využita k vytvoření oporné báze.
- Oporná báze (Base of Support, BS) je část podložky ohraničená nejvzdálenějšími body AS.
- COM (Centre of Mass) představuje těžiště těla, což je pouze hypotetický hmotný bod, do kterého je soustředěna hmotnost celého těla.
- COG (Centre of Gravity) se popisuje jako průmět společného těžiště těla do roviny opěrné báze.
- COP (Centre of Pressure) je definováno jako působiště vektoru reakční síly podložky a získává se z hodnot naměřených reakčních sil či jako průměr působících tlaků v opěrné ploše.

COP a COG tvoří hlavní parametry pro kvantifikaci posturální nestability při statické či dynamické posturografii. (Vařeka, 2009; Vařeka 2002; Bálková 2005)

Obrázek 7 Vztah kontaktní plochy, opěrné plochy a opěrné báze



(převzato od Vařeka, 2002)

4.5.2 Statická posturografie

Statická posturografie hodnotí posturální stabilitu v klidném vzpřímeném stoji. Zaznamenává výchylky těla, které jsou způsobeny aktuální tělesnou aktivitou či nestabilitou. Měření sleduje především změnu působícího tlaku chodidla a přesun výsledného působení vektoru reakční síly podložky označovaného jako COP. Mezi statické posturografické přístroje patří silové plošiny a plata, sloužící k měření kontaktních tlakových sil. Mezi hlavní nevýhodu patří snížená možnost detekce méně závažných poruch posturální stability. (Zemková, 2009)

4.5.3 Dynamická posturografie

Dynamická posturografie na rozdíl od té statické využívá zevních aktivních podnětů nebo dynamicky se měnících podmínek při stoji, které působí na rovnováhu testovaného. Simuluje běžné každodenní situace, kdy na testovanou osobu působí neočekávané zevní síly. Výhodou je především přesnější a citlivější určení úrovně posturální stability, protože při dynamických změnách v průběhu měření jsou často vyčerpány kompenzační mechanismy pro zajištění posturální stability, a může tak dojít k projevům nerovnováhy u daného jedince. (Zemková, 2009; Mancini, Horak, 2010)

4.5.4 Smart EquiTest System

Přístroj Smart EquiTest od firmy Neurocom je zástupce dynamické počítačové posturografie. Tento přístroj slouží jak k hodnocení posturální stability, tak i k následné terapii využívající biofeedback pro účinnější motorické učení. Pomocí modifikace

podmínek při testování napomáhá identifikaci a diferenciaci sensorických a motorických poruch.

Dynamické testování je uskutečněné pomocí dynamometrické tlakové desky a pohyblivého vizuálního okolí, což napodobuje podmínky každodenního života. Pohyblivá deska může vykonat rotační a translační pohyb. Rotační pohyb je uskutečněn v rozsahu $\pm 10^\circ$ a maximální rychlosti $50^\circ/\text{s}$. Rozsah translačního pohybu v antero-posteriorní směru je 6,35 cm při maximální rychlosti 15 cm/s. Prostřednictvím dynamometrické tlakové desky je snímáno zatížení pacientových chodidel a následně vypočítána vertikální síla, která určuje střední polohu COG a jeho trajektorii, rychlost a další možné parametry. Vizuální pohyblivé okolí, kde je umístěn LCD displej, může vykonávat rotační pohyb o $\pm 10^\circ$ o maximální rychlosti $15^\circ/\text{s}$.

Dalším vybavením je PC s příslušným softwarem, monitor s LCD displejem a podpěrná tyč s úchyty pro závěsný systém s popruhy sloužící k zajištění bezpečnosti vyšetřovaného a zabránění jeho možnému pádu při ztrátě rovnováhy.

Maximální možná výška a váha vyšetřovaného nesmí přesáhnout 203 cm a 200 kg. Samotná hmotnost přístroje je 370 kg. (Concordia University, 2015; Neurocom International, 2008)

Obrázek 8 Smart EquiTest



(převzato od Neurocom International, 2008)

5 Cíle a hypotézy

5.1 Cíle práce

Cílem teoretické části práce je na základě literární rešerše zpracovat aktuální poznatky o krční páteři. Dále popsat mechanismus vzniku whiplash injury, klinické příznaky, patofyziologii, vliv tohoto poranění na posturální stabilitu a následnou možnost léčby.

Cílem praktické části práce je posoudit vliv whiplash injury na posturální stabilitu u probandů s tímto poraněním a následně porovnat tyto výsledky se skupinou zdravých osob. Vyšetření bude probíhat pomocí dynamické počítačové posturografie Smart EquiTest System od firmy Neurocom.

5.2 Úkoly práce

1. Provést literární rešerši na téma vliv whiplash injury na posturální stabilitu a následně stanovit metodický postup výzkumu
2. Vybrat vhodný soubor probandů pro měření
3. Provést anamnestické, přístrojové vyšetření u experimentální a kontrolní skupiny
4. Shromáždit data z jednotlivých vyšetření
5. Analyzovat data z jednotlivých vyšetření
6. Vyhodnotit, interpretovat data z jednotlivých vyšetření a následně porovnat tato data s odbornou literaturou

5.3 Výzkumné otázky

Bude mít whiplash injury u probandů vliv na posturální stabilitu při statickém a dynamickém měření na přístroji Smart EquiTest System v porovnání se skupinou zdravých osob?

5.4 Hypotézy

H1: Předpokládám, že osoby po whiplash injury budou dosahovat nižšího průměrného Equilibrium Score u Sensory Organisation testu oproti kontrolní skupině.

H2: Předpokládám, že hodnoty Sway Energy Score při Adaptation testu budou u osob po whiplash injury větší oproti kontrolní skupině.

H3: Předpokládám, že naměřené hodnoty doby motorické odezvy při Motor Control testu budou delší u osob s whiplash injury v porovnání s kontrolní skupinou.

H4: Předpokládám, že u osob po whiplash injury budou naměřeny větší hodnoty oscilace COG při testu Unilateral Stance s vyloučením zrakové kontroly v porovnání s kontrolní skupinou.

H5: Předpokládám, že při dynamickém testování pomocí testu Limits of Stability budou osoby po whiplash injury dosahovat horších hodnot oproti kontrolní skupině.

6 Metodika práce

6.1 Charakter výzkumu

Tato práce je pilotní studií, která pomocí dynamického posturografického vyšetření zkoumá posturální stabilitu u pacientů po whiplash injury v porovnání se zdravou populací. Následné výsledky jsou vyhodnoceny u každého jedince zvlášť, jsou stanoveny průměrné hodnoty z jednotlivých testování, a poté jsou vypočítány průměrné hodnoty obou skupin, které jsou navzájem porovnávány.

Měření probíhalo v období listopad 2017 – únor 2018 v Kineziologické laboratoři katedry Fyzioterapie FTVS UK v Praze. Každý z účastníků byl seznámen s cílem tohoto výzkumu a průběhem vyšetření, před kterým podepsal informovaný souhlas (viz Příloha č. 2), nutný pro zpracování naměřených dat v rámci této diplomové práce. Na základě těchto informovaných souhlasů byl tento výzkum schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem 173/2017 (viz Příloha č. 1).

6.2 Charakteristika výzkumného souboru

Tohoto výzkumu se účastnily dva sledované soubory tvořící experimentální a kontrolní skupinu.

Experimentální whiplash skupinu tvořili pacienti po whiplash injury a kritériem pro přijetí do výzkumu byla doba od úrazu maximálně 1 rok a věkové rozmezí od 20 do 40 let. U pacientů nesměly být přítomny žádné neurologické příznaky, fraktury kostí, předchozí poranění hlavy či otřes mozku spojený s prodělaným whiplash injury. V anamnéze byly také vyloučeny neurologická onemocnění jiné etiologie, předchozí závažná traumata a ortopedické operace v oblasti dolních končetin či trupu, které by mohly výrazně ovlivnit výsledky měření posturální stability. Po splnění těchto kritérií bylo do experimentální skupiny (viz Tabulka 3) zařazeno 8 probandů (6 žen a 2 muži), od jejichž úrazu uplynula doba 3-5 měsíců. Průměrný věk v této skupině byl 29,4 let. Průměrná výška byla 175,4 cm a váha 66,1 kg. Průměrná hodnota Body Mass Indexu (BMI), která je vypočítána pomocí tělesné hmotnosti v kilogramech ku druhé mocnině výšky těla v metrech, byla 21,5. Norma WHO pro tento index je stanovena v intervalu 18,5 až 24,9, průměrná hodnota souboru tedy odpovídá populační normě.

Tabulka 3 Experimentální skupina

Proband	Věk (roky)	Výška (cm)	Váha (kg)	BMI
1	31,9	176	61	19,7
2	28,1	183	83	24,8
3	34,8	175	76	24,8
4	27,0	171	63	21,5
5	31,1	176	52	16,8
6	31,1	170	72	24,9
7	27,8	175	64	20,9
8	23,7	177	58	18,5
průměr	29,4	175,4	66,1	21,5
SD	3,23	3,71	9,51	2,92

vysvětlivky: *SD* - směrodatná odchylka

Kontrolní skupinu (viz Tabulka 4) tvořily zdravé osoby, u kterých byla vyloučena neurologická onemocnění, předchozí závažná traumata a ortopedické operace v oblasti dolních končetin, trupu a krční páteře. Tyto osoby též neužívaly žádnou pravidelnou medikaci. Rozložení této skupiny bylo úměrné skupině experimentální a tvořilo ji 8 probandů (6 žen a 2 muži) v průměrném věku 28,8. Průměrná výška zde byla 169,8 cm, váha 65,8 kg a BMI 22,7.

Tabulka 4 Kontrolní skupina

Proband	Věk (roky)	Výška (cm)	Váha (kg)	BMI
1	27,2	177	58	18,5
2	31,8	178	73	23,0
3	26,2	170	64	22,1
4	26,3	157	55	22,3
5	34,5	160	59	23,0
6	29,9	185	84	24,5
7	24,4	158	59	23,6
8	30,4	173	74	24,7
x	28,8	169,8	65,8	22,7
SD	3,18	9,74	9,51	1,82

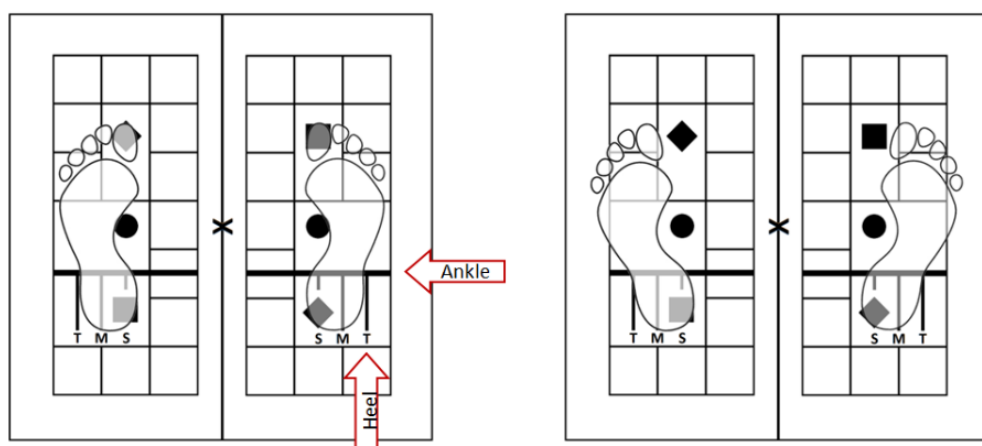
vysvětlivky: *SD* - směrodatná odchylka

6.3 Použité vyšetřovací metody

U všech probandů byla odebrána anamnestická data pro vyloučení možných neurologických onemocnění, traumat či ortopedických zákroků, které by mohly výrazně ovlivnit výsledky měření. Pro měření posturální stability bylo využito přístroje Smart EquiTest od značky Neurocom a pěti testovacích protokolů. Samotné měření trvalo 40-50 minut. Před zahájením testování byli probandi seznámeni s jeho průběhem. Žádný z probandů neměl možnost si vyzkoušet dané testy a všichni testovaní doposud neabsolvovali žádné podobné vyšetření. Probandi byli zaevidováni do systému, kde byly uvedeny jejich iniciály, datum narození a tělesná výška. Poté byli probandi zajištěni závěsným systémem pomocí pevných popruhů, které bránily možnému pádu při ztrátě rovnováhy. Současně nesměl závěsný systém omezovat probanda v pohybu nebo ulehčovat držení dané pozice. Měření probíhalo naboso v předdefinované poloze nohy na měřicí desce (viz Obrázek 9):

- oba kotníky umístěny nad úroveň silné horizontální linie
- palec srovnaný s mediálním kotníkem
- vnější okraj paty zarovnaný s vertikální linií označenou písmenem S, M a T, která je dána dle tělesné výšky pacienta - S při výšce 76-140 cm, M při výšce 141-165 cm a T při výšce 166-203 cm
- po srovnání kotníků a pat si pacient mohl lehce zvětšit rozsah mezi nohama pro pohodlnější testovací pozici

Obrázek 9 Pozice nohou při měření



(převzato od Concordia University, 2015)

6.4 Popis vyšetřujících protokolů

Měření jednotlivých testů probíhalo ve stále stejném pořadí, kdy bylo využito pěti testovacích protokolů, které budou níže detailně popsány.

6.4.1 Senzory Organisation Test

Senzory Organisation Test (dále SOT) je složen z 6 jednotlivých testů při různých posturálních situacích:

- stoj s vizuální kontrolou
- stoj bez vizuální kontroly
- stoj s vizuální kontrolou a pohybem okolního prostředí
- stoj s vizuální kontrolou a antero-posteriorním pohybem plošiny
- stoj bez vizuální kontroly a s antero-posteriorním pohybem plošiny
- stoj s vizuální kontrolou, s pohybem okolního prostředí a antero-posteriorním pohybem plošiny

Každý z těchto testů se opakuje 3x a trvá 20 sekund. Probandi jsou během těchto testování instruováni k co nejstabilnějšímu stoji. Během tohoto testování jsou zaznamenávány výchylky COG. Výsledky jsou vyjádřeny v tzv. Equilibrium Score, které hodnotí průměr COG při antero-posteriorních posunech, amplitudě, frekvenci a velikosti výkyvů pro každou část testování zvlášť. Výsledek je získán z maximálních hodnot posunů COG a je udáván v procentech. Naměřená nulová hodnota představuje pád během testování. Výsledná hodnota celého testování tzv. Composite vyjadřuje výsledek, který je vypočítán z průměru naměřených hodnot všech testů. Tento test slouží také k odhalení abnormalit jednotlivých sensorických systémů: somatosenzorického, vestibulárního a vizuálního. Výsledky jsou zaznamenány pomocí tzv. Senzory analysis, která hodnotí jednotlivé systémy a udává jejich procentuální využití pomocí výpočtu z jednotlivých testů v různých posturálních situacích při SOT.

Při SOT je také analyzován poměr mezi kyčelní a hlezenní strategií. (Concordia University, 2015; Neurocom International, 2008)

6.4.2 Adaptation Test

Adaptation Test (dále ADT), při kterém dochází k rotaci plošiny nejprve v posteriorním směru je označován jako tzv. Toes Up (TU). Při druhém testování rotuje plošina směrem anteriorním a tento test je označován jako tzv. Toes Down (TD). Oba tyto testy probíhají v pěti opakováních po sobě. ADT slouží k hodnocení motorické odpovědi při náhlém vychýlení těla z rovnovážného stavu. Toto vyšetření určuje reakční

sílu vynaloženou k obnovení posturální stability a je zaznamenáno v tzv. Sway Energy Score. Hlavním cílem při tomto testu je setrvat ve vzpřímené pozici a s každým dalším testováním snižovat množství vynaložené energie. (Concordia University, 2015; Neurocom International, 2008)

6.4.3 Motor Control Test

Motor Control Test (dále MCT) slouží k posouzení rychlosti a efektivity motorického systému reagovat na neočekávaný pohyb plošiny. Během testování dochází k posunu plošiny anteriorním nebo posteriorním směrem ve třech rychlostech pohybu - small, medium, large. Každý test se opakuje 3x a měřeny jsou průměrné hodnoty ze všech testování. Mezi hodnotící parametry patří tzv. Weight and Strength Symetry, které udává váhovou a silovou symetrii mezi dolními končetinami při pohybu dynamometrické desky. Dále je zde sledováno tzv. Amplitude scaling, které slouží k posouzení vynaložené síly pro návrat do stabilní polohy. Mezi hlavní parametr sledovaný v tomto výzkumu patří tzv. Latency, které představuje rychlost motorické odpovědi v milisekundách na levé (LL) a pravé (LR) dolní končetině. Tato hodnota představuje rychlost prvního odporu proti náhlému posunu plošiny. (Concordia University, 2015; Neurocom International, 2008)

6.4.4 Unilateral Stance

Unilateral Stance (dále US) slouží pro měření velikosti oscilace COG při stožení na jedné dolní končetině. Doba testování je 10 sekund a testy se provádí 3x pro obě končetiny s vizuální kontrolou a následně s vyloučením vizuální kontroly. Při testování mají probandí ruce v bok, stojná DK setrvává na předdefinované pozici a druhá DK je v 90° flexi v kolenním a kyčelním kloubu. Hlavními sledovanými parametry jsou tzv. COG Sway Velocity a Mean COG Sway Velocity. COG Sway Velocity udává poměr naměřených výchylek za jednotku času a výsledek je tedy vyjádřen ve stupních za sekundu. Mean COG Sway Velocity udává průměr ze všech 3 pokusů daného testování. (Concordia University, 2015; Neurocom International, 2008)

6.4.5 Limits of Stability

Limits of Stability (dále LOS) slouží k posouzení volního pohybu COG, aniž by došlo ke změně opěrné báze. Cílem tohoto testu je přemístit vlastní COG do 8 cílových míst, které vidí testovaný na monitoru před sebou a následně udržet dosaženou maximální exkurzi pohybu.

Při tomto testu stojí probandi na plošině v předdefinované poloze. Na displeji před sebou pozorují polohu svého COG, které musí před začátkem testu ustálit ve středovém čtverci, a po zaznění zvukové signálu jej mají co nejrychleji přemístit do jednoho z označených cílových míst a tam setrvat do zaznění dalšího zvukového signálu, který označuje konec testu. Pro dosažení daného cíle měli probandi časový limit 8 sekund a pouze jeden pokus.

Hodnocenými parametry v tomto testu jsou reakční čas, průměrná rychlost vychýlení těžiště, konečný a maximální bod výchylky a směrová kontrola.

V rámci tohoto výzkumu byly hodnoceny pouze tyto parametry:

- Reaction Time – označuje dobu mezi zvukovým signálem a iniciací k pohybu, která je zaznamenána v sekundách
- Movement Velocity – udává průměrnou rychlost při přesunu COG k požadovanému cíli, která je vyjádřena ve stupních za sekundu
- Directional Control - označuje přesnost vedení pohybu COG k zamýšlenému cíli, která je udávána v procentech (Concordia University, 2015; Neurocom International, 2008)

6.5 Sběr dat

Sběr dat proběhl od listopadu 2017 do února 2018. Všichni účastníci absolvovali pouze jedno měření pro následné statistické porovnání výsledků. Všechna měření proběhla v kineziologické laboratoři katedry Fyzioterapie FTVS UK. Data byla shromážděna z anamnestických údajů odebraných před každým měřením a z vyšetření posturální stability na přístroji NeuroCom SMART EquiTest.

6.6 Analýza dat

Všechna data byla zaznamenána v programu Neurocom Data Analyzer a následně byla převedena do programu Microsoft Excel 2010. Pro statistickou analýzu bylo využito programu STATISTICA 12 v českém jazyce.

Data byla statisticky vyhodnocena pomocí Shapirova - Wilkova testu normality, který slouží pro ověření normálního rozložení dat. V případě normálního rozložení dat byl použit parametrický nepárový t – test, při abnormálním rozložení dat byl využit neparametrický nepárový Mann – Whitney test. Hladina statistické významnosti byla stanovena na $p < 0,05$.

7 Výsledky

V této kapitole jsou zaznamenány naměřené hodnoty jednotlivých testů. Výsledky jsou zde vyhodnoceny pro obě dvě skupiny a následně jsou porovnávány pro určení statistické významnosti.

7.1 Vyhodnocení Senzory Organisation testu

H1: Předpokládám, že osoby po whiplash injury budou dosahovat nižšího průměrného Equilibrium Score u Senzory Organisation testu oproti kontrolní skupině.

V tabulce 5 a 6 jsou uvedeny průměrné hodnoty Equilibrium Score z jednotlivých testů v rámci SOT u whiplash a kontrolní skupiny. Tyto testy jsou seřazeny v pořadí SOT 1 – SOT 6 a představují:

- stoj s vizuální kontrolou (SOT 1)
- stoj bez vizuální kontroly (SOT 2)
- stoj s vizuální kontrolou a pohybem okolního prostředí (SOT 3)
- stoj s vizuální kontrolou a antero-posteriorním pohybem plošiny (SOT 4)
- stoj bez vizuální kontroly a s antero-posteriorním pohybem plošiny (SOT 5)
- stoj s vizuální kontrolou, s pohybem okolního prostředí a antero-posteriorním pohybem plošiny (SOT 6)

Tabulka 5 Hodnoty Equilibrium Score u skupiny whiplash při SOT

SOT - Equilibrium Score [%] whiplash						
proband	SOT 1	SOT 2	SOT 3	SOT 4	SOT 5	SOT 6
1	94,7	86,3	84,3	42,0	27,7	24,0
2	95,0	90,3	89,3	90,7	74,3	72,0
3	96,0	90,0	86,0	85,0	61,3	68,7
4	94,7	91,3	92,0	76,7	66,0	68,3
5	97,7	95,7	97,3	92,7	79,0	81,7
6	94,7	89,7	85,7	85,7	61,3	68,0
7	95,0	93,3	87,7	64,3	43,3	36,3
8	93,0	93,3	90,0	70,0	60,0	50,3
průměr	95,10	91,24	89,04	75,89	59,11	58,66
SD	1,25	2,68	3,92	15,81	15,49	18,58

vysvětlivky: SD - směrodatná odchylka, SOT - Senzory Organisation Test

Tabulka 6 Hodnoty Equilibrium Score u kontrolní skupiny při SOT

SOT - Equilibrium Score [%] kontrol.						
proband	SOT 1	SOT 2	SOT 3	SOT 4	SOT 5	SOT 6
1	95,7	92,7	92,0	90,0	80,0	83,0
2	95,0	92,0	88,7	93,3	80,0	74,0
3	95,3	92,3	92,7	91,0	71,3	79,3
4	94,7	94,7	93,7	91,3	76,7	72,3
5	96,7	91,7	94,0	91,3	59,3	74,3
6	95,7	93,0	89,0	93,0	73,7	78,7
7	95,7	91,3	93,7	90,0	75,0	81,0
8	94,3	92,0	90,7	90,0	69,0	84,3
průměr	95,39	92,46	91,81	91,24	73,13	78,36
SD	0,69	0,98	1,99	1,23	6,35	4,14

vysvětlivky: SD - směrodatná odchylka, SOT - Sensory Organisation Test

Tabulka 7 popisuje průměrné hodnoty jednotlivých protokolů SOT a jejich statistické porovnání mezi whiplash a kontrolní skupinou. Výsledné průměrné hodnoty byly u whiplash skupiny nižší ve všech šesti protokolech. Statisticky významný rozdíl byl mezi skupinami $p = 0,032$ při SOT 4, $p = 0,044$ při SOT 5 a $p = 0,016$ při SOT 6.

Tabulka 7 Statistické porovnání hodnot Equilibrium Score mezi whiplash a kontrolní skupinou při SOT

SOT - Equilibrium Score [%]						
	SOT 1	SOT 2	SOT 3	SOT 4	SOT 5	SOT 6
whiplash	95,1	91,24	89,04	75,89	59,11	58,66
kontrol.	95,39	92,46	91,81	91,24	73,13	78,36
p hodnota	0,603	0,276	0,117	0,032	0,044	0,016

vysvětlivky: SOT - Sensory Organisation Test

Celkové vyhodnocení SOT je uvedeno v tabulce 8, kde je zaznamenána výsledná průměrná hodnota Equilibrium Score, která je vypočítána z jednotlivých testů zmíněných v tabulce 5 a 6. V rámci SOT je zde uvedena i senzorická analýza v tabulce 9, která porovnává procentuální využití somatosenzorického, vizuálního a vestibulárního systému při testování.

Tabulka 8 Výsledný průměr hodnoty Equilibrium Score naměřené při SOT

SOT - Výsledné Equilibrium Score [%]		
proband	whiplash	kontrol.
1	51,07	87,38
2	82,76	85,36
3	77,07	85,05
4	78,02	85,1
5	88,93	81,81
6	76,95	85,12
7	62,57	86,14
8	71,02	84,88
průměr	73,55	85,11
SD	11,17	1,47
p hodnota	0,017	

vysvětlivky: *SD* - směrodatná odchylka, *SOT* - *Sensory Organisation test*

Při vyhodnocení SOT v tabulce 8 dosahovala whiplash skupina až na jednu testovanou osobu nižších hodnot a byl zde zaznamenán statisticky významný rozdíl $p = 0,017$ mezi Equilibrium Score u osob po whiplash injury a kontrolní skupinou.

Tabulka 9 Výsledné průměrné hodnoty senzoričké analýzy naměřené při SOT

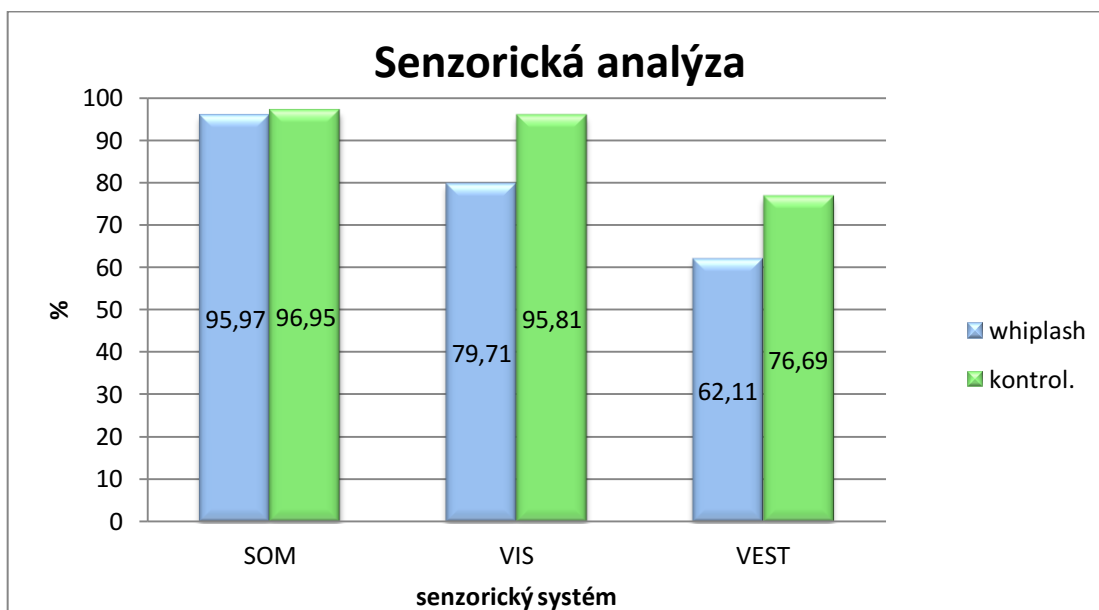
Senzoričká analýza [%]						
	SOM		VIS		VEST	
	whiplash	kontrol.	whiplash	kontrol.	whiplash	kontrol.
průměr	95,97	96,95	79,71	95,81	62,11	76,69
p hodnota	0,414		0,020		0,043	

vysvětlivky: *SOM- somatosenzoričký systém, VIS- vizuální systém, VEST- vestibulární systém*

Při statistickém porovnání dat jednotlivých systémů v tabulce 9 mezi skupinou whiplash a skupinou kontrolní byl zaznamenán statisticky významný rozdíl $p = 0,020$ u systému vizuálního a $p = 0,043$ u systému vestibulárního.

V následujícím grafu 1 je znázorněna procentuální senzoričká analýza jednotlivých systémů, která je vyhodnocena z průměrných hodnot při SOT u whiplash a kontrolní skupiny.

Graf 1 Senzoričká analýza vyhodnocena při SOT



Vysvětlivky: *SOM- somatosenzoričký systém, VIS- vizuální systém, VEST- vestibulární systém*

7.2 Vyhodnocení Adaptation testu

H2: Předpokládám, že hodnoty Sway Energy Score při Adaptation testu budou u osob po whiplash injury větší oproti kontrolní skupině.

Vyhodnocení ADT je zaznamenáno v tabulce 10, kde jsou uvedeny průměrné hodnoty Sway Energy Score z jednotlivých testování a následně porovnávány mezi oběma skupinami.

Tabulka 10 Výsledné hodnoty Sway Energy Score naměřené při ADT

Adaptation test - Sway Energy Score [N]				
	TU		TD	
proband	whiplash	kontrol.	whiplash	kontrol.
1	70,0	56,0	46,2	41,4
2	49,6	64,2	32,4	39,0
3	46,2	61,2	34,4	37,8
4	75,8	61,0	38,8	49,4
5	62,2	77,6	49,2	45,6
6	58,8	61,6	42,0	48,2
7	53,4	65,4	43,4	40,4
8	60,6	51,0	53,2	35,6
průměr	59,58	62,25	42,45	42,18
SD	9,33	7,23	6,67	4,70
p hodnota	0,558		0,930	

vysvětlivky: TU – Toes Up, TD- Toes Down, SD - směrodatná odchylka

Při vyhodnocení ADT s anteriorním a posteriorním rotačním pohybem plošiny, byly u všech probandů naměřeny podobné průměrné hodnoty Sway Energy Score a nebyl zde zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl mezi whiplash a kontrolní skupinou.

7.3 Vyhodnocení Motor Control testu

H3: Předpokládám, že naměřené hodnoty doby motorické odezvy při Motor Control testu budou delší u osob s whiplash injury v porovnání s kontrolní skupinou.

Naměřené průměrné hodnoty motorické doby odezvy Latency při MCT jsou zaznamenány v tabulkách 11, 12, 13 a 14. Jsou zde posouzeny rozdíly mezi dobou odezvy pravé a levé dolní končetiny při posunech vpřed a vzad ve třech rychlostech – small, medium, a large.

Tabulka 11 Výsledné hodnoty Latency pro levou a pravou dolní končetinu při posunu plošiny vzad u skupiny whiplash při MCT

Motor Control Test – Latency Backward [ms]						
	whiplash					
	Latency Left			Latency Right		
proband	small B	medium B	large B	small B	medium B	large B
1	160	160	150	150	150	140
2	130	120	130	130	130	130
3	150	130	120	150	130	120
4	130	130	120	130	130	120
5	140	140	120	130	130	110
6	120	130	120	130	130	120
7	150	130	130	140	120	120
8	120	110	110	110	110	110
průměr	137,50	131,25	125,00	133,75	128,75	121,25
SD	13,92	13,64	11,18	12,18	10,53	9,27

vysvětlivky: SD - směrodatná odchylka, B- backward

Tabulka 12 Výsledné hodnoty Latency pro levou a pravou dolní končetinu při posunu plošiny vzad u kontrolní skupiny při MCT

Motor Control Test – Latency Backward [ms]						
	kontrol.					
	Latency Left			Latency Right		
proband	small B	medium B	large B	small B	medium B	large B
1	130	100	110	140	120	110
2	140	140	130	130	130	130
3	130	130	130	140	140	120
4	100	120	110	120	110	110
5	120	130	130	130	140	130
6	110	130	120	110	130	120
7	120	110	120	130	110	120
8	140	130	120	140	130	120
průměr	123,75	123,75	121,25	130,00	126,25	120,00
SD	13,17	12,18	7,81	10,00	11,11	7,07

vysvětlivky: SD - směrodatná odchylka, B- backward

Tabulka 13 Výsledné hodnoty Latency pro levou a pravou dolní končetinu při posunu plošiny vpřed u whiplash skupiny při MCT

Motor Control Test – Latency Forward [ms]						
	whiplash					
	Latency Left			Latency Right		
proband	small F	medium F	large F	small F	medium F	large F
1	170	160	140	150	160	130
2	130	120	130	120	120	120
3	160	150	140	160	140	130
4	140	130	120	150	130	130
5	140	130	130	140	130	130
6	160	160	150	160	160	140
7	130	120	110	130	120	110
8	160	130	120	210	140	130
průměr	148,75	137,50	130,00	152,50	137,50	127,50
SD	14,52	15,61	12,25	25,37	14,79	8,29

vysvětlivky: SD - směrodatná odchylka, F- forward

Tabulka 14 Výsledné hodnoty Latency pro levou a pravou dolní končetinu při posunu plošiny vpřed u kontrolní skupiny při MCT

Motor Control Test – Latency Forward [ms]						
kontrol.						
	Latency Left			Latency Right		
proband	small F	medium F	large F	small F	medium F	large F
1	120	130	100	120	120	110
2	150	140	130	140	120	120
3	130	120	120	120	130	120
4	130	120	130	140	120	130
5	140	130	130	140	130	130
6	100	130	130	100	130	130
7	130	130	120	100	120	120
8	150	130	130	150	130	130
průměr	131,25	128,75	123,75	126,25	125,00	123,75
SD	15,36	5,99	9,92	17,98	5,00	6,96

vysvětlivky: SD - směrodatná odchylka, F- forward

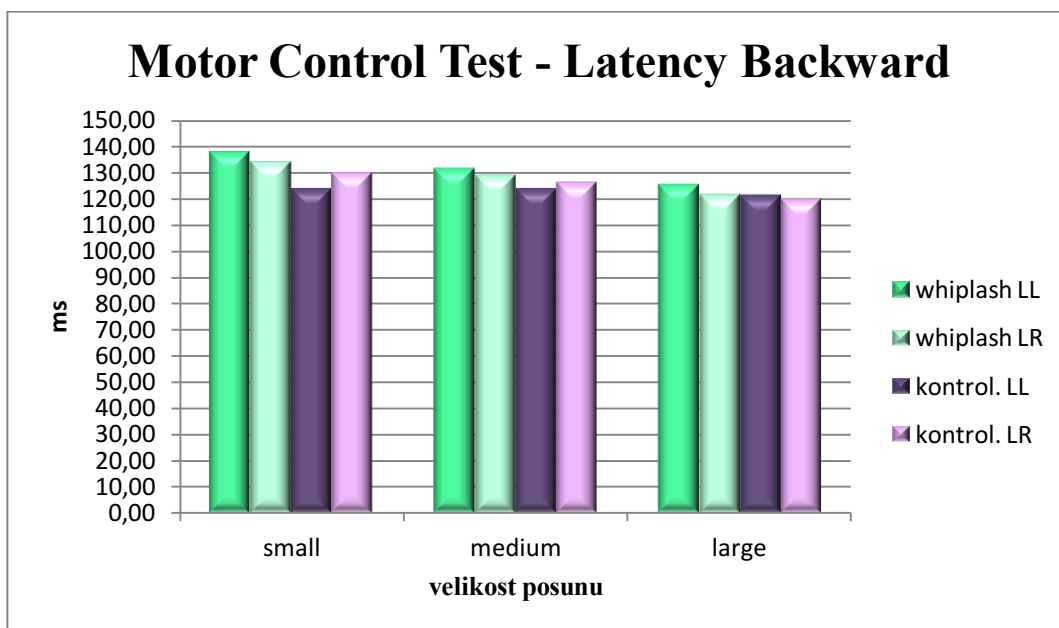
Tabulka 15 Statistické porovnání výsledných hodnot Latency mezi whiplash a kontrolní skupinou při MCT

Motor Control Test – Latency [ms]							
		small B	medium B	large B	small F	medium F	large F
LL	whiplash	137,50	131,25	125,00	148,75	137,50	130,00
	kontrol.	123,75	123,75	121,25	131,25	128,75	123,75
	p hodnota	0,078	0,296	0,479	0,046	0,462	0,431
LR	whiplash	133,75	128,75	121,25	152,5	137,5	127,5
	kontrol.	130,00	126,25	120,00	126,25	125,00	123,75
	p hodnota	0,539	0,672	0,781	0,042	0,104	0,372

vysvětlivky: B- backward, F- forward, LL- latency left, LR- latency right

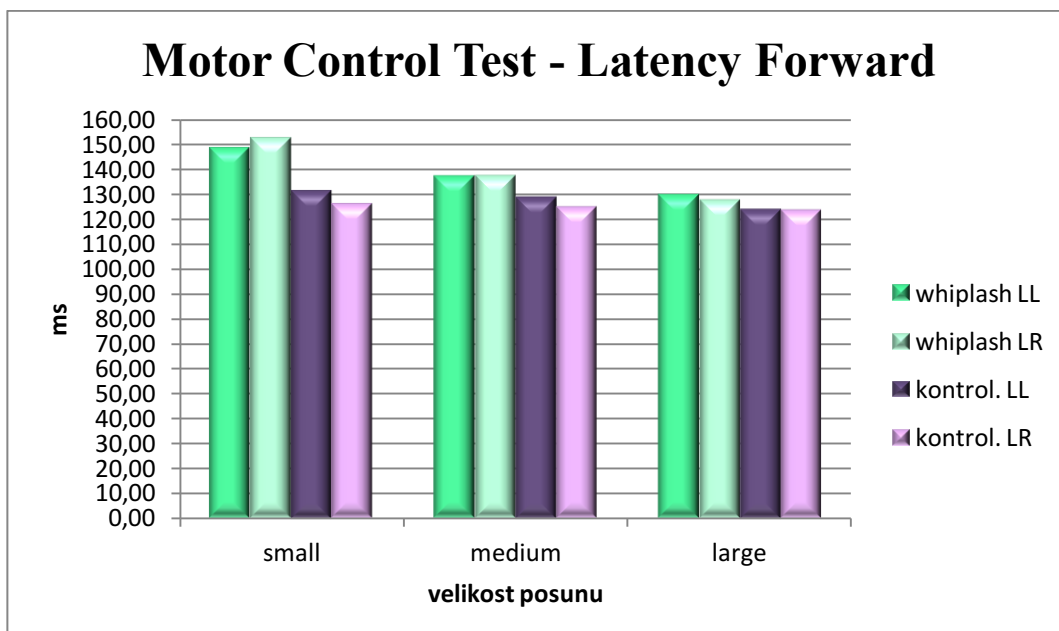
V tabulce 15 jsou uvedeny průměrné hodnoty motorické doby odezvy Latency pro levou a pravou dolní končetinu při posunech plošiny v obou směrech při třech rychlostech. Dále jsou zde uvedeny statistické rozdíly mezi oběma skupinami. Při vyhodnocení MCT byla u probandů ve whiplash skupině v porovnání se skupinou kontrolní naměřena vyšší hodnota motorické odezvy ve všech typech měření. Statisticky významný rozdíl byl pouze při posunu plošiny směrem vpřed při nízké rychlosti, a to pro obě dvě končetiny. Tyto hodnoty činily pro levou dolní končetinu $p = 0,046$ a pravou dolní končetinu $p = 0,042$. Výsledky MCT jsou pro větší přehlednost znázorněny i v grafu 2 a 3.

Graf 2 Výsledné hodnoty Latency při posunu plošiny vzad



vysvětlivky: LL- latency left, LR- latency right

Graf 3 Výsledné hodnoty Latency při posunu plošiny vpřed



vysvětlivky: LL- latency left, LR- latency right

7.4 Vyhodnocení testu Unilateral Stance

H4: Předpokládám, že u osob po whiplash injury budou naměřeny větší hodnoty oscilace COG při testu Unilateral Stance s vyloučením zrakové kontroly v porovnání s kontrolní skupinou.

V tabulce 16 jsou uvedeny průměrné hodnoty velikosti oscilace COG při stoji na pravé a levé dolní končetině se zrakovou kontrolou a s vyloučením zrakové kontroly.

Tabulka 16 Výsledné hodnoty velikosti oscilace COG u whiplash a kontrolní skupiny při US

Unilateral Stance - Mean COG Sway Velocity [°/s]								
proband	whiplash				kontrol.			
	LDK-OT	LDK-ZAV	PDK-OT	PDK-ZAV	LDK-OT	LDK-ZAV	PDK-OT	PDK-ZAV
1	0,60	1,37	0,70	1,90	0,43	1,27	0,50	1,30
2	0,70	2,17	0,60	1,60	0,57	1,53	0,57	1,60
3	0,43	3,20	0,53	1,53	0,63	1,53	0,67	1,07
4	0,67	1,63	0,77	1,77	0,80	1,60	0,47	1,40
5	0,37	1,13	0,33	1,00	0,63	2,07	0,57	1,57
6	0,80	1,97	0,70	3,20	0,53	1,17	0,43	1,30
7	0,63	2,87	0,63	2,27	0,63	1,00	0,60	1,33
8	0,57	2,43	0,60	2,07	0,50	1,23	0,47	1,23
průměr	0,60	2,10	0,61	1,92	0,59	1,43	0,54	1,35
SD	0,13	0,67	0,13	0,60	0,10	0,31	0,08	0,16

vysvětlivky: LDK- levá dolní končetina, PDK- pravá dolní končetina, OT- oči otevřené, ZAV- oči zavřené, SD - směrodatná odchylka

Tabulka 17 Statistické porovnání velikosti oscilace COG mezi whiplash a kontrolní skupinou při US

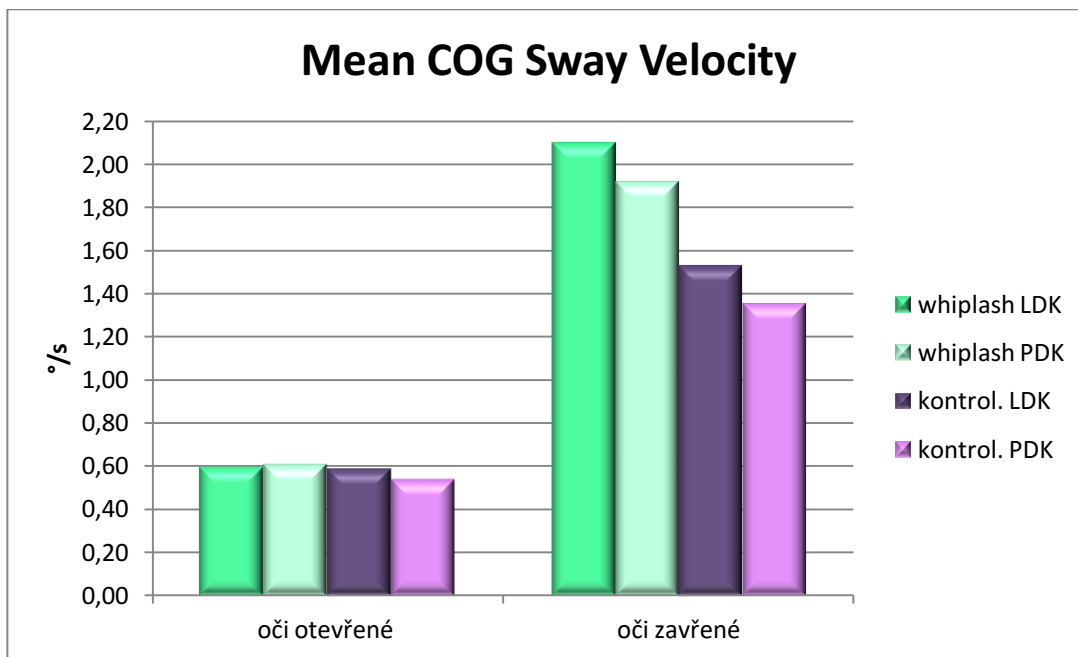
Mean COG Sway Velocity [°/s]								
	LDK				PDK			
	oči otevřené		oči zavřené		oči otevřené		oči zavřené	
	whiplash	kontrol.	whiplash	kontrol.	whiplash	kontrol.	whiplash	kontrol.
průměr	0,60	0,59	2,10	1,53	0,61	0,54	1,92	1,35
P hodnota	0,923		0,031		0,213		0,031	

vysvětlivky: LDK- levá dolní končetina, PDK- pravá dolní končetina

Tabulka 17 obsahuje průměrné hodnoty velikosti oscilace COG při stoji na obou dolních končetinách se zrakovou kontrolou a s vyloučením zrakové kontroly. Při porovnání mezi oběma skupinami dosahovali probandi po whiplash injury větších hodnot a statisticky významný rozdíl byl zaznamenán při stoji na levé i pravé dolní

končetině se zavřenými očima, a to konkrétně $p = 0,031$ na LDK i PDK. Výsledné hodnoty jsou znázorněny i v grafu 4.

Graf 4 Výsledné hodnoty velikosti oscilace COG při US



vysvětlivky: LDK- levá dolní končetina, PDK- pravá dolní končetina

7.5 Vyhodnocení testu Limits of Stability

H5: Předpokládám, že při dynamickém testování pomocí testu Limits of Stability budou osoby po whiplash injury dosahovat horších hodnot oproti kontrolní skupině.

Při LOS byl mezi hodnotící parametry zařazen reakční čas, směrová kontrola, velikosti rychlosti přesunu COG při pohybu dopředu, dozadu, doprava a doleva. V tabulkách 18, 19 a 20 jsou uvedeny hodnoty těchto parametrů pro obě sledované skupiny.

Tabulka 18 Výsledné hodnoty reakčního času u whiplash a kontrolní skupiny při LOS

Limits of Stability - Reaction Time [s]								
	whiplash				kontrol.			
proband	dopředu	dozadu	doprava	doleva	dopředu	dozadu	doprava	doleva
1	1,13	0,80	0,95	0,66	0,58	0,46	0,48	0,52
2	0,60	0,50	0,48	0,60	0,53	0,43	0,47	0,50
3	0,47	0,52	0,51	0,48	0,39	0,58	0,47	0,35
4	1,46	0,62	0,88	0,47	0,78	0,59	0,87	0,71
5	0,52	0,56	0,51	0,51	0,77	0,64	0,91	0,53
6	0,70	0,65	0,91	0,80	0,36	0,20	0,42	0,26
7	0,92	1,07	0,80	0,89	0,90	0,38	0,43	0,48
8	1,07	0,70	0,66	0,62	0,71	0,52	0,66	0,59
průměr	0,86	0,68	0,71	0,63	0,63	0,48	0,59	0,49
SD	0,32	0,17	0,18	0,14	0,18	0,13	0,19	0,13

vysvětlivky: SD - směrodatná odchylka

Tabulka 19 Výsledné hodnoty rychlosti přesunu COG u whiplash a kontrolní skupiny při LOS

Limits of Stability - Movement Velocity [°/s]								
	whiplash				kontrol.			
proband	dopředu	dozadu	doprava	doleva	dopředu	dozadu	doprava	doleva
1	2,6	3,0	3,6	3,4	6,8	4,9	7,7	7,5
2	3,7	3,2	6,5	4,1	9,1	4,9	8,6	10,4
3	8,3	5,2	9,8	11,3	9,0	5,0	10,9	12,1
4	3,4	2,6	3,2	4,1	4,4	3,8	4,3	4,8
5	5,0	4,3	6,2	6,1	4,4	3,5	4,8	6,6
6	3,0	2,2	3,6	4,4	9,7	3,4	10,1	7,3
7	2,4	2,5	3,7	4,3	2,9	4,2	4,8	5,3
8	5,3	4,2	6,8	7,7	4,6	3,7	5,5	5,1
průměr	4,21	3,40	5,43	5,68	6,36	4,18	7,09	7,39
SD	1,83	0,99	2,16	2,49	2,46	0,63	2,42	2,45

vysvětlivky: SD - směrodatná odchylka

Tabulka 20 Výsledné hodnoty směrové kontroly u whiplash a kontrolní skupiny při LOS

Limits of Stability - Directional Control [%]								
	whiplash				kontrol.			
proband	dopředu	dozadu	doprava	doleva	dopředu	dozadu	doprava	doleva
1	91	77	85	84	90	77	84	73
2	86	80	85	84	91	82	88	86
3	84	69	77	78	82	64	85	70
4	89	70	83	83	86	81	88	84
5	94	76	85	85	89	78	81	82
6	87	80	81	69	89	65	80	79
7	93	85	86	86	91	75	81	81
8	93	83	86	84	86	65	82	75
průměr	89,63	77,50	83,50	81,63	88,00	73,38	83,63	78,75
SD	3,46	5,36	2,92	5,27	2,92	7,05	2,96	5,24

vysvětlivky: SD - směrodatná odchylka

Tabulka 21 Statistické porovnání výsledných hodnot reakčního času, rychlosti přesunu COG a směrové kontroly mezi whiplash a kontrolní skupinou při LOS

Limits of Stability									
	RT [s]			MVL [°/s]			DCL [%]		
směr	whiplash	kontrol.	p hod.	whiplash	kontrol.	p hod.	whiplash	kontrol.	p hod.
dopředu	0,86	0,63	0,122	4,21	6,36	0,085	89,63	88,00	0,358
dozadu	0,68	0,48	0,028	3,40	4,18	0,101	77,50	73,38	0,238
doprava	0,71	0,59	0,093	5,43	7,09	0,197	83,50	83,63	0,834
doleva	0,63	0,49	0,081	5,68	7,39	0,103	81,63	78,75	0,270

RT- Reaction Time, MVL- Movement Velocity, DCL- Directional Control

V tabulce 21 jsou zaznamenány jednotlivé průměrné hodnoty reakčního času, směrové kontroly, velikosti rychlosti přesunu COG při pohybu dopředu, dozadu, doprava a doleva. Při výsledném hodnocení dosahovali probandi po whiplash horšího reakčního času a velikosti rychlosti přesunu COG ve všech směrech, avšak v případě procentuální hodnoty směrové kontroly dosahovali lepších výsledků oproti kontrolní skupině. Při porovnání těchto výsledků mezi oběma skupinami byl zaznamenán statisticky významný rozdíl pouze v případě hodnot reakčního času při pohybu dozadu, tento rozdíl činil $p = 0,028$.

8 Diskuze

Hlavním cílem této práce bylo posoudit možný vliv whiplash injury na posturální stabilitu u osob s tímto poraněním. Při whiplash injury dochází k abnormálnímu mechanismu pohybu jednotlivých segmentů krční páteře a tento jev je častým zdrojem poranění jednotlivých tkání. Krční páteř, především horní krční region, hraje důležitou roli v posturální stabilitě, protože je zde zprostředkováno mnoho aferentních informací. Dysfunkce krčních receptorů následně často moduluje aferentní informace a vede tak až k následné poruše motorických funkcí. Treleaven (2008) ve své studii poukazuje na fakt, že vyšetření a následná léčba, která vede k úpravě abnormálních aferentních informací u pacientů s bolestí krční páteře, je stejně důležitá, jako senzomotorický trénink u poranění kolenního či hlezenního kloubu na dolní končetině.

Horní krční páteř je též důležitým komunikačním centrem s vizuálním a vestibulárním systémem. Je zde zprostředkováno a koordinováno mnoho reflexů, které napomáhají k udržení posturální stability a rovnováhy. Dysfunkce v oblasti krční páteře, vyvolávající pocity posturální nestability a závrať, je často mylně zaměňována s primárním poškozením vestibulárního aparátu. Ve studii Nacciho et al. (2011) byli porovnáváni pacienti trpící závratěmi a posturální nestabilitou. První skupinu tvořili pacienti po whiplash injury a do druhé skupiny byli zařazeni pacienti po whiplash injury spojeného s poraněním hlavy. Studie poukázala na to, že jen v malém procentu případů jsou pocity posturální nestability a závrať primárně způsobeny centrální či periferní vestibulopatií. Autoři připisují příčinu těchto obtíží spíše poruše zprostředkování proprioceptivních informací z cervikální oblasti, která je často zaměňována s vestibulárním syndromem. Na významnost sensorických informací zprostředkovaných z krční páteře, především hlubokými extenzory šíje, se snažila poukázat studie Boveho et al. (2006), ve které využili lokální svalové vibrace v oblasti krční páteře. Následkem toho došlo k výrazným výchylkám COP měřeným na stabilometrické platformě u zdravých osob.

Problematikou posturální stability u pacientů po whiplash se zabýval Silva (2013), který ve své práci porovnával jednotlivé studie, do kterých byli zapojeni pacienti s idiopatickou bolestí krční páteře a pacienti s whiplash asociovanými poruchami (WAD). Odchylky posturální stability byly následně porovnávány se zdravým vzorkem populace. Do tohoto systematického přehledu bylo zařazeno 12 studií

ze serverů: PubMed, Cinahl, Physiotherapy Evidence Database, Web of Science, Academic Search Complete, Science Direct, and Scielo. Hlavním parametrem sledovaným v této studii bylo COP při měření pomocí statické posturografie. Jedenáct ze dvanácti vybraných studií, které splňovaly kritéria pro zařazení do této systematické review, potvrdily statisticky významný rozdíl v naměřených parametrech při testování posturální stability a balančních schopností u pacientů s idiopatickou bolestí krční páteře a WAD, a to v porovnání se zdravou populací. Poukazují tak na fakt, že posturální nestabilita je častým problémem u těchto pacientů.

Pro náš výzkum bylo využito dynamické posturografie na rozdíl od většiny publikovaných studií zabývajících se touto problematikou. Jednou z hlavních výhod dynamické posturografie je, že dokáže odhalit i menší odchylky v posturální stabilitě. V průběhu samotného měření jsou z důvodu náhlých dynamických změn často vyčerpány kompenzační mechanismy pro zajištění posturální stability a může tak dojít k projevům nestability (Mancini, Horak, 2010). Jsou zde simulovány podmínky každodenního života, při kterých mohou mít pacienti po whiplash injury problémy. Při našem výzkumu si žádný z probandů neměl možnost dané testování předem vyzkoušet proto, aby nedošlo k možné adaptaci na testování a reakce jednotlivých probandů byla co nejvíce spontánní.

8.1 Diskuze k jednotlivým hypotézám

H1: Předpokládám, že osoby po whiplash injury budou dosahovat nižšího průměrného Equilibrium Score u Sensory Organisation testu oproti kontrolní skupině.

Hypotéza zaměřující se na výsledné průměrné hodnoty Equilibrium Score mezi whiplash a kontrolní skupinou zde byla potvrzena.

V případě prvního testování pomocí SOT dosahovali probandi po whiplash injury statisticky významného rozdílu hodnot Equilibrium Score při 4 - 6 testovacím protokolu, a to konkrétně u SOT 4 $p = 0,032$, SOT 5 $p = 0,044$ a SOT6 $p = 0,016$. Výrazné odchylky v posturální stabilitě nebyly shledány v prvních třech protokolech. Výsledky SOT mohou být dány především náročností posturální situace v 4 - 6 testovacím protokolu, při kterém dochází k neočekávanému vychýlení pozice COG spojeného s vyloučením zrakové kontroly či pohybem zevního prostředí. Tyto skutečnosti již probandi po whiplash injury nebyli často schopni kompenzovat vzhledem ke své možné poruše zprostředkování aferentních informací z krční oblasti, které hrají významnou roli při tvorbě polohových a pohybových programů. Co se týče

výsledného průměrného Equilibrium Score, byl zde statisticky významný rozdíl $p = 0,017$ mezi whiplash a kontrolní skupinou. V průběhu testování dosahovali probandi ve whiplash skupině až na jednu osobu nižších hodnot.

Naměřené výsledky se liší při porovnání se studií Laporteho et al. (2016), kde byla měřena posturální stabilita u pacientů s WAD, a to v akutní fázi po 15 - 21 dnech od úrazu a následně v době 6 měsíců od úrazu. Výzkumný soubor tvořilo 38 probandů. Do studie byla zapojena také kontrolní skupina 13 zdravých osob. V této studii bylo zahrnuto subjektivní testování zabývající se mírou bolesti, kvalitou života a výskytem úzkosti a depresí. Pro kvantifikaci posturálních odchylek a vyšetření jednotlivých senzorických systémů byl využit dynamický posturograf Smart EquiTest. Při tomto testování bylo naměřeno abnormální Equilibrium Score pouze u 20% pacientů s WAD v akutním stádiu. Při následném měření ve stádiu chronickém dosahovali všichni probandi již normálních hodnot Equilibrium Score.

Další studie, která využívala pro měření odchylek posturální stability dynamického posturografu, byla studie Eolssona et al. (2004), která porovnávala posturální stabilitu u pacientů s postižením cervikálního disku a u pacientů s WAD oproti kontrolní skupině. U pacientů s WAD byly vyloučeny všechny neurologické symptomy, které by mohly výrazně ovlivnit výsledek měření. Pro význam našeho výzkumu jsou zde porovnány pouze rozdíly mezi skupinou kontrolní a WAD. Porovnáváno zde bylo výsledné skóre z jednotlivých protokolů SOT. Výsledky této studie poukázaly na to, že pacienti s WAD dosahovali výsledného nižšího skóre ve všech protokolech v porovnání s kontrolní skupinou, což potvrzuje i náš výzkum.

Treleaven et al. (2005) se ve své studii zabývali výskytem cervikálních závratí a posturální nestability u pacientů s WAD. 100 probandů po whiplash injury tvořilo experimentální skupinu a 50 zdravých probandů tvořilo skupinu kontrolní. Měření posturální stability probíhalo pomocí statické počítačové posturografie a byly zde zaznamenány posturální výchylky v medio-laterálním a anterio-posteriorním směru při stožení se zrakovou kontrolou, bez zrakové kontroly a s tzv. vizuálním konfliktem s využitím speciální přilby. Výsledky studie zaznamenaly vyšší hodnoty posturálních odchylek u WAD oproti kontrolní skupině ve všech typech testování. Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán u osob s WAD ve srovnání s kontrolní skupinou při stožení s vyloučením zrakové kontroly a s tzv. vizuálním konfliktem.

V případě našeho měření senzorické analýzy a procentuálního využití jednotlivých systémů mezi oběma skupinami zde byl statisticky významný rozdíl

$p = 0,020$ u systému vizuálního a $p = 0,043$ u systému vestibulárního. Tyto hodnoty jsou vyhodnoceny z jednotlivých protokolů SOT při různých posturálních situacích. Naše výsledky přímo nekorelují se studií Grande-Alonsa et al. (2018), kteří ve své studii posuzovali vliv vestibulárního systému na posturální stabilitu u pacientů s WAD trpící cervikogenním vertigem. Dalším sledovaným parametrem v této studii byla senzorická analýza zaznamenaná pomocí dynamického posturografu SMART EquiTest za užití SOT. Do studie bylo zahrnuto 20 pacientů s bolestí krční páteře trpících cervikální závratí. Kontrolní soubor tvořilo 22 zdravých probandů. V této práci byla měřena aktivita vestibulo-okulárního reflexu a procentuální senzorická analýza jednotlivých systémů. Při vyhodnocení výsledků zde nebyl statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami ve velikosti aktivity vestibulo-okulárního reflexu. Statisticky významný rozdíl byl v případě procentuálního hodnocení senzorické analýzy u somatosenzorického a vizuálního systému. Tato studie tedy nepotvrdila deficit vestibulárního systému u pacientů s WAD trpících cervikogenním vertigem, ale shoduje se s našimi výsledky pro vizuální systém.

Při senzorické analýze Laporte et al. (2016), kteří ve své studii posuzovali 38 pacientů s WAD v akutním a následně chronickém stádiu, bylo u 1 probanda naměřeno nižší skóre u somatosenzorického, vizuálního i vestibulárního systému, 3 probandi měli nižší skóre u vizuálního a vestibulárního systému a 2 probandi dosahovali nižšího vizuálního skóre. Odchyly v hodnotách analýzy senzorických systémů byly naměřeny v akutním stádiu. Při měření v následném chronickém stádiu dosahovali probandi normálních hodnot. Na rozdíl od této studie bylo v našem výzkumu hodnoceno celkové průměrné skóre celé skupiny a nebyly zde porovnávány rozdíly mezi jednotlivými pacienty.

Co se týče výsledků senzorické analýzy, nepovažoval bych deficit vestibulárního a vizuálního systému za primární příčinu poruch u pacientů po whiplash injury. Tyto výsledky poukazují spíše na možné poruchy aferentních informací v cervikální oblasti, které spolupracují s oběma systémy. Na tuto teorii poukazují i Yu, Stokell, Treleaven (2011), kteří ve své studii zabývající se posturální stabilitou u pacientů po whiplash injury považují za primární příčinu problémů právě dysfunkci receptorů v oblasti krční páteře.

Hypotéza H1 byla potvrzena

H2: *Předpokládám, že hodnoty Sway Energy Score při Adaptation testu budou u osob po whiplash injury větší oproti kontrolní skupině.*

V případě našeho výzkumu nebyl prokázán žádný statisticky významný rozdíl v měřených parametrech mezi whiplash a kontrolní skupinou při tomto testování, proto považují tuto hypotézu za nepotvrzenou.

Při ADT nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly mezi oběma skupinami. Naše výsledky vycházely z průměrných hodnot velikosti reakčních sil potřebných pro udržení rovnováhy. Tento protokol testuje především reflexní odpověď na náhlý zevní podnět a následnou adaptaci při opakovaném testování. Pro zajištění posturální stability je důležité zpracování jednotlivých sensorických informací. Na rozdíl od testování SOT, při tomto testu nedochází k výraznému zvýšení nároků na jednotlivé sensorické systémy, proto se zde nemusely projevit patrné rozdíly mezi oběma skupinami. Předpokladem tohoto testu je především postupné snižování Sway Energy Score v průběhu testovacích pokusů při posteriorní a následně anteriorní rotaci plošiny. V průběhu celého testování docházelo k postupnému snižování těchto hodnot a obě skupiny nevykazovaly problémy s adaptací na opakující se pohyby.

Jelikož při tomto testování dochází k pohybu plošiny v antero-posteriorní rovině, jsou tyto výsledky porovnávány se studii, které se zabývaly posturálními výchylkami u pacientů po whiplash injury v tomto směru.

Field et al. (2008) se ve své studii zabývali poruchami posturální stability u pacientů s idiopatickou bolestí krční páteře a WAD v porovnání se zdravou populací. Do studie bylo zahrnuto 90 osob – 30 s WAD, 30 s idiopatickou bolestí krční páteře a 30 zdravých probandů. Vyšetření bylo provedeno na posturografické platformě při volném stoji, při stoji o úzké bázi, při tandemovém stoji se zrakovou kontrolou a s vyloučením zrakové kontroly. Všechny tyto testy byly následně provedeny i s využitím měkké podložky. Mezi hlavní měřené parametry patřilo tzv. Sway Energy a The Root Mean Square hodnotící změny výchylek COP v medio-laterálním a antero-posteriorním směru. Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán pro velikost antero-posteriorních výchylek při volném stoji na měkké podložce u skupiny WAD oproti kontrolní skupině. Tato studie poukazuje na odchylky v posturální stabilitě v antero-posteriorní rovině u pacientů po whiplash injury.

K podobným výsledkům došla i studie Bianca, Pomara, Petrucciho et al. (2014), kteří se ve svém výzkumu zaměřili na užití statické posturografie u pacientů po whiplash injury. Cílem této studie bylo porovnat úroveň posturální stability u pacientů

po whiplash injury ve srovnání se zdravými jedinci. Do výzkumu bylo zahrnuto 42 subjektů – 20 pacientů s whiplash injury v rozmezí 3 – 12 měsíců od úrazu a 22 osob tvořilo kontrolní skupinu. V této studii bylo snímáno COP při stožení se zrakovou kontrolou a s vyloučením zrakové kontroly. Při testu s vyloučením zrakové kontroly byl prokázán signifikantní rozdíl ($p < 0.05$) při antero-posteriorní oscilaci těla.

Hypotéza H2 nebyla potvrzena

H3: *Předpokládám, že naměřené hodnoty doby motorické odezvy při Motor Control testu budou delší u osob s whiplash injury v porovnání s kontrolní skupinou.*

Výsledky našeho měření byly statisticky významné pouze při jednom typu testování, proto tato hypotéza nebyla potvrzena.

U testu MCT byla jako hlavní parametr sledována doba motorické odezvy DKK při anteriorním a posteriorním posunu plošiny. Průměrné hodnoty pro whiplash skupinu byly vyšší při všech rychlostech posunu v obou směrech, a to pro obě DKK. Statisticky významný rozdíl mezi sledovanými skupinami byl pouze při pomalém posunu plošiny vpřed pro obě DKK, a to konkrétně pro LDK $p = 0,046$ a pro PDK $p = 0,042$. Zároveň si při měření motorické doby odezvy můžeme povšimnout jistého trendu. Naměřené hodnoty se v průběhu testování snižovaly u obou skupin při anteriorním i posteriorním posunu. Největší hodnoty byly naměřeny při pomalých posunech plošiny a nejmenší při nejvyšších rychlostech. Tento jev bych přisuzoval možné adaptaci na daný pohyb v průběhu testování. Zároveň se u většiny probandů ve whiplash skupině začala objevovat neočekávaná bolest v oblasti krční páteře při tomto testování. Tento fenomén může značit nedostatečnou stabilizaci v oblasti krční páteře, která vede k namáhání již postižených tkání, a tím může docházet k následnému ovlivnění aferentních informací z krčního regionu a změně motorické odpovědi. Náhlý posun plošiny může do jisté míry simulovat průběh whiplash poranění, kdy pacienti nejsou schopni vyvinout dostatečnou aktivitu svalů v oblasti Cp, na což poukazuje i studie Kumara, Ferrariho, Narayana (2005), kteří se zabývali aktivitou krčních svalů při náhlém nárazu zezadu v pomalých rychlostech u zdravých dobrovolníků.

Aktivitou krčních svalů u pacientů s WAD se zabývala také studie Juul-Kristensen et al. (2013), kteří pomocí EMG snímali tyto svaly: m. scalenus anterior, m. sternocleidomastoideus, krční extenzory a horní část m. trapezius. Zároveň zde bylo

zaznamenáváno COP a jeho výchylky v antero-posteriorní a medio-laterální rovině při statickém posturografickém vyšetření. Do této studie bylo zahrnuto 10 žen s WAD, s bolestí Cp trvající déle než dva roky a s hodnotou indexu krční disability více jak 10. Kontrolní skupinu tvořilo 10 zdravých žen. Vyšetření bylo provedeno pomocí Rombergova stoje se zrakovou kontrolou, s vyloučením zrakové kontroly a při stoji na jedné noze. Z výsledků je zřejmé, že u pacientů s WAD došlo k signifikantnímu zvýšení COP a aktivity všech výše zmíněných svalů při stoji s vyloučením zrakové kontroly a při stoji na jedné DK. Autoři v této studii poukazují na možnou poruchu senzorkého feedbacku, který může pacienty negativně ovlivnit při vykonávání běžných denních činností.

Na tuto skutečnost poukazuje i studie Dreschera et al. (2008), ve které autoři zmiňují, že porucha stabilizace krční páteře pomocí svalů je velmi častým problémem u pacientů po whiplash injury. Tento fakt může následně ovlivnit běžné denní aktivity a může vést až k rozvoji dalších poruch.

Jako významný faktor ovlivňující posturální stabilitu považovali Røijezon, Björklund, Djupsjöbacka (2011) bolest Cp. Do své studie zařadili 21 pacientů s WAD, 24 pacientů s chronickou bolestí krční páteře a 21 subjektů tvořilo kontrolní skupinu. Tato studie prokázala signifikantní rozdíly mezi skupinou WAD a ostatními dvěma skupinami při měření posturální stability s využitím statické posturografie.

Dehner et al. (2008) se ve svém výzkumu zabývali posturální kontrolou pacientů s akutním whiplash stupně II dle QTF stupnice. Do studie bylo zahrnuto 40 pacientů s akutním whiplash a 40 zdravých jedinců jako kontrolní skupina. Vyšetření probíhalo na posturografické platformě a hodnocen byl index stability a Fourier analýza pro detekci posturálních výchylek při 8 různých pozicích ve stoji. Zároveň byla u pacientů zaznamenávána i analogová škála bolesti v rozmezí 0-100. Vyšetření proběhlo opakovaně po 2 měsících a následně bylo vyhodnoceno. Při prvním měření dosáhli pacienti po whiplash injury statisticky signifikantně nižšího výsledku ($p = 0.0001$) pro index stability i Fourier analýzu. Při druhém měření neudalo 17 pacientů žádné změny v indexu bolesti, 21 udalo mírné zlepšení a 2 v experimentu dále nepokračovali. U 21 pacientů, kteří udali zmírnění bolesti, došlo i ke zlepšení výsledků Fourier analýzy ($p = 0.028$) při měření posturální kontroly oproti zbylé části probandů.

Co se týče samotného porovnání výsledků MCT, tak Alpini, Brugnoni, Cesarani, (2014) ve své publikaci uvádějí, že motorická doba odezvy Latency byla při měření zvýšena u 86% pacientů po whiplash injury, a to u 10% při anteriorním posunu, u 12%

při posteriorním posunu a u zbylých 64% při posunech do obou směrů. Bohužel zde autoři neudávají přesné hodnoty pro přímé porovnání s naší studií.

Hypotéza H3 nebyla potvrzena

H4: *Předpokládám, že u osob po whiplash injury budou naměřeny větší hodnoty oscilace COG při testu Unilateral Stance s vyloučením zrakové kontroly v porovnání s kontrolní skupinou.*

Ve výsledcích naší studie byly zaznamenány statisticky významné rozdíly při stoji na LDK i PDK s vyloučením zrakové kontroly u whiplash skupiny, proto bych tuto hypotézu považoval za potvrzenou. V průběhu testování byly u probandů po whiplash injury přítomné časté výrazné projevy nestability a probandi byli z této skutečnosti překvapeni.

Při US byly hodnoty velikosti oscilace COG větší v případě obou měření u whiplash skupiny. Statisticky významný rozdíl byl při stoji na LDK $p = 0,031$ a PDK $p = 0,031$. Při porovnání se studií Michaelsona et al. (2003) bylo dosaženo podobných výsledků. Autoři se v této práci zabývali posturální stabilitou u pacientů s chronickou bolestí Cp, u pacientů s WAD, a to v porovnání s kontrolní skupinou zdravých osob. Pro měření využili statického posturografu Kistler. Měření probíhalo při Rombergově stoji se zrakovou kontrolou a s vyloučením zrakové kontroly, dále při tandemovém stoji a nakonec při stoji na levé a pravé dolní končetině. Výsledky poukázaly na to, že osoby s WAD dosahovaly větších výchylek COP v průběhu celého měření. Statisticky významný rozdíl byl při Rombergově stoji s vyloučením zrakové kontroly a při stoji na LDK.

K podobným výsledkům došla i již zmíněná studie Juul-Kristensena et al. (2013), při které byl hodnocen stoj na jedné DK u pacientů po whiplash injury. Výsledky potvrdily statisticky významný rozdíl v naměřených hodnotách COP oproti kontrolní skupině, kdy probandi po whiplash injury dosahovali vyšších hodnot.

Madeleine, Nielsen, Arendt-Nielsen (2011) ve své studii uvádějí, že pacienti trpící WAD mají sníženou schopnost rovnováhy při náročnějších posturálních úkonech, což v našem případě představuje stoj na jedné DK s vyloučením zrakové kontroly. Cílem této studie bylo posoudit posturální stabilitu u pacientů s chronickým whiplash. Do výzkumu bylo zahrnuto 11 pacientů a 11 zdravých probandů bez předchozího

poranění krku. Studie potvrdila statisticky významný rozdíl hodnot velikosti amplitudy výchylek ($p < 0,001$) při stoji s vyloučením zrakové kontroly u pacientů s WAD.

Hypotéza H4 byla potvrzena

H5: *Předpokládám, že při dynamickém testování pomocí testu Limits of Stability budou osoby po whiplash injury dosahovat horších hodnot oproti kontrolní skupině.*

U výsledků LOS byl statisticky významný pouze jeden naměřený parametr, proto tato hypotéza nebyla potvrzena.

Při LOS byl hodnocen reakční čas, rychlost přesunu COG a směrová kontrola měřená při snaze dosáhnout požadovaného cíle. V případě reakčního času byly průměrné hodnoty u whiplash skupiny vyšší ve všech směrech. Statisticky významný rozdíl byl pouze při pohybu vzad, kdy $p = 0,028$. Při velikosti rychlosti přesunu COG dosahovali probandi ve whiplash skupině nižších hodnot při pohybu do všech směrů, tyto hodnoty ovšem nebyly statisticky významné. V posledním měřeném parametru směrové kontroly měli probandi po whiplash injury lepší procentuální výsledky oproti kontrolní skupině. Tyto výsledky nebyly také statisticky významné.

Z hodnocení LOS vyplývá, že probandi po whiplash dosahovali horšího reakčního času a pro pohyb do stanového cíle potřebovali delší časový úsek, avšak co se týče směrové kontroly, potřebovali mnohem menší trajektorii pohybu. Tyto výsledky poukazují na možnou změnu motorických projevů, které vznikly v důsledku poranění a následných klinických symptomů, mezi které patřila nejčastěji bolest v oblasti Cp.

Alpini, Brugnoli, Cesarani (2014) ve své publikaci udávají možné změny postury u pacientů s WAD, které vznikly následkem whiplash injury. U těchto osob je hlava často držena v antalgické flexi a je zde často omezen pohyb do rotace a úklonu. Při pohybu k požadovanému cíli tak nedochází k prvotní rotaci hlavy, ale celého trupu na ipsilaterální stranu. Následně dochází i k změně postavení pánve a samotného umístění COG při stoji. S následujícím rozvojem WAD v průběhu měsíců dochází k častému snížení svalového tonu paravertebrálních svalů a k následné dominanci zapojení svalů flexorové skupiny svalů, a tím i k změně pozice COG směrem vpřed. Při následném pohybu a rotaci trupu se zvyšuje nestabilita vlivem posunu COG vpřed, což vyvolává následnou flexi DKK, která se snaží zabránit pádu.

Na možné motorické změny u pacientů po whiplash injury se snažili upozornit i Woodhouse, Vasseljen (2008), kteří ve své studii uvádějí, že bolest v oblasti Cp je

často spojena s poruchami senzomotorických schopností a následnou fixací nevhodných pohybových vzorů, které mohou vést k změně posturálních strategií. Tuto skutečnost potvrzuje i Véle (2006), který ve své publikaci zmiňuje, že nocicepce může na subkortikální úrovni měnit volbu posturálních programů a modifikuje tak následné pohybové vzory, tak aby pohyby mohly být provedeny na úrovni akceptovatelné nocicepce. Postupně však dochází k rozvoji a fixaci těchto náhradních pohybových vzorů, které tak mohou být zdrojem další nocicepce.

Hypotéza H5 nebyla potvrzena

8.2 Zhodnocení klinické otázky

Bude mít whiplash injury u probandů vliv na posturální stabilitu při statickém a dynamickém měření na přístroji Smart EquiTest System v porovnání se skupinou zdravých osob?

Co se týče hodnocení klinické otázky, probandi po whiplash injury dosahovali v průběhu testování horších výsledků, které poukazují na odchylky v posturální stabilitě, avšak jen některé tyto výsledky byly statisticky významné. Při statickém testování dosahovali probandi po whiplash injury odlišných hodnot a statisticky významné rozdíly byly shledány u tří ze čtyř testovacích protokolů, a to v několika parametrech. Probandi po whiplash injury vykazovali horší výsledky především při náročnějších posturálních situacích v průběhu testování. Pro udržení stabilní pozice během těchto situací je důležité mít vytvořené základní vzory, které se následně programově organizují. Právě sensorická aferentace hraje významnou roli při tvorbě těchto polohových a pohybových programů a podílí se také na jejich průběžné korekci. V případě našich probandů po whiplash injury byly u většiny z nich patrné rozdíly zejména při vyloučení zrakové kontroly, kdy nedochází k dostatečné kompenzaci nutné pro udržení posturální stability pomocí ostatních sensorických systémů, v našem případě především zprostředkované proprioceptivní informace z oblasti krční páteře. Tímto vlivem tak může docházet k projevům posturální nestability. Dalším faktorem zde byla i nocicepce v oblasti Cp objevující se v průběhu testování, která může ve své vědomé i nevědomé podobě modulovat aferentní informace a mít vliv na vznik náhradního polohového i pohybového vzoru.

U dynamického testování byl statisticky významný pouze jeden měřený parametr a probandi po whiplash injury nedosahovali výrazně rozdílných hodnot při

měření, avšak v této skupině byl pozorovatelný odlišný motorického projev, který mohl být způsoben možným vlivem nociceptivní aferentace. Nocicepce dokáže do jisté míry ovlivnit volbu posturálních programů, kdy modifikuje pohybové vzory a zvolené strategie, tak aby mohl být daný pohyb vykonaný na úrovni akceptovatelné nocicepce. Při dlouhodobé fixaci těchto nevhodných motorických vzorů dochází až k následné změně přirozeného motorického projevu, který byl patrný i u některých našich probandů.

Co se týče odpovědi na klinickou otázku, tak whiplash injury může mít vliv na posturální stabilitu při statickém testování, zejména při náročnějších posturálních situacích. V případě dynamického testování zde nebyly shledány výrazné odchylky v posturální stabilitě, ale byly zde pozorovatelné především změny v samotném motorickém projevu jedince.

8.3 Limity studie

Pro prezentaci zjištěných výsledků je nutné brát ohled i na možné limity této práce, které by bylo potřeba eliminovat při tvorbě další studie zabývající se touto problematikou.

Pro zajištění homogenity testovaného souboru byl výběr záměrně empirický, splňující konkrétní kritéria. V našem případě to byl především věk, stanovená doba od úrazu a vyloučení ostatních faktorů, které by mohly výrazně ovlivnit naměřené výsledky. Vzhledem k nízkému počtu probandů v experimentální skupině ($n = 8$) nelze tyto výsledky zobecnit na širší část populace. Pro další studie by bylo vhodné pracovat s větším testovacím vzorkem a odlišit i možné pohlavní rozdíly.

Všichni probandi po whiplash injury navštěvovali ambulantní rehabilitační péči, proto je důležité pomyslet i na to, že při léčbě bylo využito různých druhů terapeutických přístupů. Důležité je brát v potaz i možný vliv doby od poslední rehabilitační péče, která se uskutečnila před samotným měřením.

Jedním z posledních faktorů, který může ovlivňovat výsledky a průběh měření je i případný výskyt psychických poruch či stresu u testovaných osob.

9 Závěr

V této práci jsou na základě literární rešerše zpracovány a shrnuty aktuální poznatky a výzkumy z posledních let o whiplash injury a jeho možném vlivu na posturální stabilitu.

Hlavním cílem tohoto výzkumu bylo především poukázat na možný deficit v posturální stabilitě u osob po whiplash injury.

Touto problematikou se zabývalo mnoho studií, avšak pro její kvantifikaci využívaly především statickou posturografii. V našem výzkumu bylo využito dynamické počítačové posturografie Smart EquiTest, která dokáže odhalit i menší odchylky v posturální stabilitě a umožňuje vytvořit podmínky imitující činnosti každodenního života.

Naše výsledky poukázaly na odchylky měřených parametrů, zejména u statického testování při porovnání mezi whiplash a kontrolní skupinou. Při dynamickém testování nedocházelo k výrazným rozdílům mezi oběma skupinami, ale byly zde patrné odlišné motorické projevy v rámci skupiny whiplash.

Deficit v posturální stabilitě u pacientů po whiplash injury může být často skrytým problémem projevujícím se jen při náročnějších posturálních úkonech, které mohou být spojeny s rozvojem bolesti v oblasti krční páteře. U těchto osob mohou být přítomny změny v samotné postuře či následné změny motorických projevů. Tyto problémy jsou velmi často způsobeny poruchou aferentních informací, které jsou modulovány vlivem prodělaného traumatu jednotlivých tkání a přítomné vědomé či nevědomé nocicepce v oblasti krčního regionu.

Bohužel se whiplash injury v dnešní době stává častým skrytým problémem, z důvodu nejednotného názoru na samotnou diagnostiku či záměnu s primárním vestibulárním postižením. U pacientů tak často nejsou zjištěny primární příčiny jejich obtíží a mnoho z nich trpí již trvalými chronickými obtížemi.

Význam této práce shledávám v samotném zjištění možných problémů u pacientů po whiplash injury a následném nastavení vhodné terapie. Rehabilitační léčba by se neměla zaměřovat pouze na využití manuálních technik pro zmírnění bolesti či svalového hypertonu, ale měly by zde být využity i stabilizační metody pro krční páteř, nebo nácvik samotné posturální stability při těžších posturálních úkolech.

Literatura

1. ALPINI, D. C., BRUGNONI, G., CESARANI, A. *Whiplash injuries: Diagnosis and treatment, second edition*. Milan: Springer-Verlag, 2014. ISBN: 978-88-470-5485-1.
2. AMBLER, Z. *Základy neurologie*. Praha: Galén, 2011. 351 s. ISBN 978-80-7262-707-3.
3. AMBLER, Z., et al. Krční poranění typu whiplash. *Trendy v medicíně*. 2000, **2**(1), 52-53. ISSN 1212-9046.
4. ANDERSON, R. W. *Whiplash associated disorders: a comprehensive review*. Centre for Automotive Safety Research, 2006. ISBN 1920947159.
5. ANDERST, W. J., et al. In vivo cervical facet joint capsule deformation during flexion-extension. *Spine* [online]. 2014, **39**(8), 514-20 [cit. 2018-01-28]. ISSN: 1528-1159. Dostupné z:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4004694/>
6. ASCH, H., et al. Development in pain and neurologic complaints after whiplash: a 1 - year prospective study. *Neurology* [online]. 2003, **60**(5) [cit. 2018-02-02], 743-9. ISSN 1526-632X. Dostupné z:
http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=E4o249g27v5FH5EWudh&page=1&doc=1
7. BALKOVÁ, H. Posturografia – literárny prehľad o možnostiach počítačového vyhodnotenia pre potreby rehabilitácie. *Rehabilitácia*. 2005, **42**(4), 202-212. ISSN 0375-0922.
8. BARSA, P., SUCHOMEL, P. Krční ortézy a jejich význam v klinické praxi. *Neurologie pro praxi*. 2005, **6**, 315-317. ISSN 1213-1814.
9. BENZEL, E. C. *The Cervical Spine*. 5. vyd. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012. ISBN 978-1-60547-752-7.
10. BIANCO, A., POMARA, F., PETRUCCI, M., et al. Postural stability in subjects with whiplash injury symptoms: results of a pilot study. *Acta Oto-Laryngologica* [online]. 2014, **134**(9), 947-51 [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.3109/00016489.2014.906749. ISSN 1651-2251. Dostupné z:
<http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=4ed5ebe3-524e-41b4-adad-b04dcc2e2465%40sessionmgr4010>

11. BOGDUK, N. On cervical zygapophysial joint pain after whiplash. *Spine* [online]. 2011, **36**(25), 194-9. ISSN 1528-1159 [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=22020612>
12. BOGDUK, N., MERCER, S. Biomechanics of the cervical spine. I: Normal kinematics. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)* [online]. 2000, **15**(9) [cit. 2018-02-15], 633-48. ISSN 0268-0033. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/e7cf/a47a172574117d610a2c22fc98cbf2ae0f5c.pdf>
13. BOHMAN T., et al. Prognosis of patients with whiplash-associated disorders consulting physiotherapy: development of a predictive model for recovery. *BMC Musculoskeletal Disorders* [online]. 2012, **13**, 264. DOI: 10.1186/1471-2474-13-264 [cit. 2018-02-18]. ISSN 1471-2474. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3544579/>
14. BORIANI, S., et al. *Atlas of Craniocervical Junction and Cervical Spine Surgery*. 1. vyd. Switzerland: Springer International Publishing, 2017. ISBN: 978-3-319-42735-5.
15. BOVE, M., et al. The postural disorientation induced by neck muscle vibration subsides on lightly touching a stationary surface or aiming at it. *Neuroscience* [online]. 2006, **143**(4), 1095-103. ISSN 0306-4522 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306452206011183>
16. CAMERON, I., et al. *Guidelines for the management of acute whiplash associated disorders for health professionals*. 3. vyd. Australia: State Insurance Regulatory Authority, 2014. ISBN 9781921422348.
17. CARLSON, E. J., et al. Dynamic vertebral artery elongation during frontal and side impacts. *The Spine Journal: Official Journal Of The North American Spine Society* [online]. 2007, **7**(2), 222-8 [cit. 2018-02-14]. ISSN 1529-9430. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1529943006007662?_rdoc=1&_fmt=high&_origin=gateway&_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb
18. CONCORDIA UNIVERSITY. Perform operating document: Neurocom SMART EquiTest, Computerized dynamic posturography. In: *perform.concordia.ca* [online]. ©2015 [cit. 26. 2. 2018]. Dostupné z:

https://perform.concordia.ca/GettingStarted/pdf/compliance/PC-POD-FA-002-V01_NEUROCOM.pdf

19. CURATOLO, M. The role of tissue damage in whiplash-associated disorders: discussion paper 1. *Spine* [online]. 2011, **36**(25), 309-15 [cit. 2018-02-05]. ISSN 1528-1159. Dostupné z: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=9&SID=E4o249g27v5FH5EWudh&page=1&doc=1
20. ČIHÁK, R. *Anatomie 1*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2001. ISBN 80-7169970-5.
21. DAVIS, C. G. Review: Mechanisms of chronic pain from whiplash injury. *Journal of Forensic and Legal Medicine* [online]. 2013, **20**(2), 74-85 [cit. 2018-02-08]. ISSN 1752-928X. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1752928X12001321?_rdoc=1&_fmt=high&_origin=gateway&_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb
22. DEHNER, C., et al. Postural control deficit in acute QTF grade II whiplash injuries. *Gait* [online]. 2008, **28**(1), 113-119 [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2007.10.007. ISSN 0966-6362. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966636207002627>
23. DEHNER, CH., et al. Comparison of the relative benefits of 2 versus 10 days of soft collar cervical immobilization after acute whiplash injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation* [online]. 2006, **87**(11), 1423-1427 [cit. 2018-02-17]. ISSN 0003-9993. Dostupné z: [http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(06\)00971-3/fulltext](http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(06)00971-3/fulltext)
24. DENG, B., et al. Kinematics of human cadaver cervical spine during low speed rear-end impacts. *Stapp Car Crash Journal*. 2000 [online], **44**, 171–188 [cit. 2018-02-04]. ISSN 1532-8546. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17458726>
25. DRESCHER, K., et al. Efficacy of postural and neck-stabilization exercises for persons with acute whiplash-associated disorders: a systematic review. *Physiotherapy Canada*. [online]. 2008, **60**(3), 215-23 [cit. 2018-03-25]. DOI: 10.3138/physio.60.3.215. ISSN 0300-0508. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2792777/>

26. DUNGEL, P., et al. *Ortopedie*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2005. ISBN 978-80-247-4357-8.
27. DYLEVSKÝ, I. *Speciální kineziologie*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2009. ISBN 978-80247-1648-0.
28. ELLIOTT, J., et al. Fatty infiltration in the cervical extensor muscles in persistent whiplash-associated disorders: a magnetic resonance imaging analysis. *Spine* [online]. 2006, **31**(22), 847-55 [cit. 2018-02-09]. ISSN 1528-1159. Dostupné z:
<https://pdfs.semanticscholar.org/be5d/ce01e463ad245178f7716234feff3d77a5e1.pdf>
29. ENDO, K., et al. Cervical vertigo and dizziness after whiplash injury. *European Spine Journal* [online]. 2006, **15**(6), 886-90 [cit. 2018-02-15]. ISSN 0940-6719. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3489433/>
30. ENDO, K., et al. Consciously postural sway and cervical vertigo after whiplash injury. *Spine* [online]. 2008, **33**(16), 539-42 [cit. 2018-02-15]. ISSN 1528-1159. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=18628694>
31. EOLSSON, A., et al. Dynamic posturography in patients with cervical disc disease patients with whiplash-associated disorders and healthy volunteers. *Advances in Physiotherapy* [online]. 2004, **6**(4), 173-181 [cit. 2018-03-21]. ISSN 1403-8196. Dostupné z:
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14038190410017533?needAccess=true&instName=Charles+University>
32. ETTLIN, T., et al. A distinct pattern of myofascial findings in patients after whiplash injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation* [online]. 2008, **89**(7), 1290-1293 [cit. 2018-02-18]. ISSN 0003-9993. Dostupné z:
[http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(08\)00227-X/pdf](http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(08)00227-X/pdf)
33. FERNANDEZ, CH. E., et al. Literature review: The relationship of whiplash injury and temporomandibular disorders. *Journal of Chiropractic Medicine* [online]. 2009, **8**(4), 171-186 [cit. 2018-02-15]. ISSN 1556-3707. Dostupné z:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2786231/>
34. FICE, J. B., CRONIN, D. S. Investigation of whiplash injuries in the upper cervical spine using a detailed neck model. *Journal of biomechanics* [online]. 2012, **45**(6): 1098-1102. ISSN 0021-9290 [cit. 2018-02-14]. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021929012000371>

35. FIELD, S., et al. Standing balance: A comparison between idiopathic and whiplash-induced neck pain. *Manual Therapy* [online]. 2008, **13**(3), 183-191 [cit. 2018-03-23]. ISSN 1356-689X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1356689X07000021?via%3Dihub>
36. FOREMAN, S. M., CROFT, A. C. *Whiplash Injuries: The Cervical Acceleration/deceleration Syndrome*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2002. ISBN: 0-7817-2681-6.
37. GALASKO, CH., et al. Prevalence and Long-Term Disability Following Whiplash-Associated Disorder. *Journal of Musculoskeletal Pain* [online]. 2000, **8**(1/2), 15 [cit. 2018-02-16]. ISSN 1058-2452. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J094v08n01_03?instName=Charles+University&needAccess=true&journalCode=imup20
38. GRANDE-ALONSO, M., et al. Biobehavioural analysis of the vestibular system and posture control in patients with cervicogenic dizziness. A cross-sectional study. *Neurologia* [online]. 2018, **33**(2), 98-106 [cit. 2018-03-22]. DOI: 10.1016/j.nrl.2016.06.002. ISSN 1578-1968. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2173580817301670#bib0290>
39. HAIN, T. C. Cervicogenic causes of vertigo. *Current Opinion In Neurology* [online]. 2015, **28**(1), 69-73 [cit. 2018-02-10]. ISSN 1473-6551. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=25502050>
40. HAUSER, R. A., et al. The Biology of Prolotherapy and Its Application in Clinical Cervical Spine Instability and Chronic Neck Pain: A Retrospective Study. *European Journal of Preventive Medicine* [online]. 2015, **3**(4), 85-102 [cit. 2018-02-10]. ISSN 2330-8222. Dostupné z: <http://article.sciencepublishinggroup.com/pdf/10.11648.j.ejpm.20150304.11.pdf>
41. HELLSTRÖM, F., et al. Responses of muscle spindles in feline dorsal neck muscles to electrical stimulation of the cervical sympathetic nerve. *Experimental Brain Research* [online]. 2005, **165**(3), 328-42 [cit. 2018-02-10]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=f75638e9-a81e-432f-8d01-438090eb7122%40pdc-v-sessmgr01>
42. HORAK, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age And Ageing* [online]. 2006,

- 35 (2), 7-11 [cit. 2018-02-20]. ISSN 0002-0729. Dostupné z:
<https://www.cs.cmu.edu/~cga/legs/chamr1.pdf>
43. CHEN, H., et al. Biomechanics of whiplash injury. *Chinese Journal of Traumatology* [online]. 2009, **12**(5), 305-314 [cit. 2018-02-07]. ISSN 1008-1275. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1008127509600651>
44. CHEN, H., et al. Clinical and Biomechanical Analyses of Whiplash Injuries. *International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation* [online]. 2013, 368-371 [cit. 2018-02-07]. ISSN 2157-1473. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6493744>
45. ITO, S, et al. Spinal canal narrowing during simulated whiplash. *Spine* [online]. 2004, **29**(12), 1330-9 [cit. 2018-02-13]. ISSN 1528-1159. Dostupné z:
<https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=15187634>
46. IVANCIC, P. C, et al. Injury of the anterior longitudinal ligament during whiplash simulation. *European Spine Journal* [online]. 2004, **13**(1), 61-8 [cit. 2018-02-14]. ISSN 0940-6719. Dostupné z:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3468039/>
47. IVANCIC, P. C., et al. Effect of rotated head posture on dynamic vertebral artery elongation during simulated rear impact. *Clinical Biomechanics* [online]. 2006, **21**(3), 213-220 [cit. 2018-02-14]. ISSN 0268-0033. Dostupné z:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16364516>
48. IVANCIC, P. C., et al. Whiplash causes increased laxity of cervical capsular ligament. *Clinical Biomechanics* [online]. 2008, **23**(2), 159-165 [cit. 2018-02-14]. ISSN 0268-0033. Dostupné z:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2701103/>
49. JAMES, M., et al. Characterization of Acute and Chronic Whiplash-Associated Disorders. *Journal of Orthopaedic* [online]. 2009, **39**(5), 312-313 [cit. 2018-02-12]. ISSN 0190-6011. Dostupné z:
<https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2009.2826>
50. JUUL-KRISTENSEN, B., et al. Increased neck muscle activity and impaired balance among females with whiplash-related chronic neck pain: a cross-sectional study. *Journal Of Rehabilitation Medicine* [online]. 2013, **45**(4), 376-84 [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.2340/16501977-1120. ISSN 1651-2081. Dostupné

- z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=692cdaaf-fe1d-4c71-9008-6d6f57f2aad1%40sessionmgr4010>
51. KANEOKA, K., et al. Motion analysis of cervical vertebrae during whiplash loading. *Spine* [online]. 1999, **24**(8), 763-9 [cit. 2018-01-30]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=10222526>
 52. KAPANDJI, I. A. *The Physiology of the Joints: The Trunk and the Vertebral Column Volume Three*. 2. vyd. London: Churchill Livingstone, 1974. ISBN 0-443-01209-1.
 53. KEITH, P., et al. Late Whiplash Syndrome: A Clinical Science Approach to Evidence-Based Diagnosis and Management. *Pain Practice* [online]. 2008, **8**(1), 65-66 [cit. 2018-02-07]. ISSN 1530-7085. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1533-2500.2007.00168.x>
 54. KOLÁŘ, P. Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů - diagnostika. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2006, (13) **4**, 155-170. ISSN 1211-2658.
 55. KONGSTED, A., et al. Neck collar, "act-as-usual" or active mobilization for whiplash injury? A randomized parallel-group trial. *Spine* [online]. 2007, **32**(6), 618-26 [cit. 2018-02-15]. ISSN 1528-1159. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=17413465>
 56. KÖNIG, A., SPETZGER, U. *Degenerative Diseases of the Cervical Spine: Therapeutic Management in the Subaxial Section*. 1. vyd. Switzerland: Springer International Publishing, 2017. ISBN 978-3-319-47297-3.
 57. KRAKENES, J., et al. MRI of the tectorial and posterior atlanto-occipital membranes in the late stage of whiplash injury. *Neuroradiology* [online]. 2003, **45**(9), 585-91 [cit. 2018-02-09]. ISSN 0028-3940. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=bb87a4b7-74b1-47bd-a1c9-99333cb685a5%40sessionmgr4006>
 58. KRISTJANSSON, E., TRELEAVEN, J. Sensorimotor Function and Dizziness in Neck Pain: Implications for Assessment and Management. *Journal of Orthopaedic* [online]. 2009, **39**(5), 364-365 [cit. 2018-02-13]. ISSN 0190-6011. Dostupné z: <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2009.2834>
 59. KUMAR, S., FERRARI, R., NARAYAN, Y. Review: Kinematic and electromyographic response to whiplash loading in low-velocity whiplash impacts. *Clinical Biomechanics* [online]. 2005, **20**(4), 343-356 [cit. 2018-02-

- 05]. ISSN 0268-0033. Dostupné z: [http://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033\(04\)00290-6/pdf](http://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033(04)00290-6/pdf)
60. KUMAR, S. Clinical Studies: Effect of head rotation in whiplash-type rear impacts. *The Spine Journal* [online]. 2005, **5**(2), 130-139 [cit. 2018-02-05]. ISSN 1529-9430. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1529943004009052?_rdoc=1&_fmt=high&_origin=gateway&_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aea92ffb
61. KUMAR, S., FERRARI, R., NARAYAN, Y. Clinical Studies: Electromyographic and kinematic exploration of whiplash-type rear impacts. *The Spine Journal* [online]. 2004, **4**(6), 656-665 [cit. 2018-02-05]. ISSN 1529-9430. Dostupné z: https://ac.els-cdn.com/S1529943004004905/1-s2.0-S1529943004004905-main.pdf?_tid=8549edea-dd5d-4540-b593-54fbbea51be8&acdnat=1522007831_73c0004e085f1214a91616db1979b399
62. LAPORTE, S., et al. An attempt of early detection of poor outcome after whiplash. *Neurology* [online]. 2016, **7** [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.3389/fneur.2016.00177/full. ISSN 1664-2295. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2016.00177/full#B74>
63. LEWIT, K. *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně*. 5.vyd. Praha: Sdělovací technika, 2004. ISBN 80-86645-04-5.
64. LI, Y., PENG, B. Pathogenesis, Diagnosis, and Treatment of Cervical Vertigo. *Pain Physician* [online]. 2015, **18**(4), 583-95 [cit. 2018-02-05]. ISSN 2150-1149. Dostupné z: <http://www.painphysicianjournal.com/current/pdf?article=MjM3NQ%3D%3D&journal=89>
65. LINDA, J., et al. Course and Prognostic Factors for Neck Pain in Whiplash-Associated Disorders (WAD): Results of the Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* [online]. 2009, **32**(2), 97 [cit. 2018-02-17]. ISSN 0161-4754. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2271101/>
66. LIU, J. X., et al. Muscle spindles in the deep muscles of the human neck: a morphological and immunocytochemical study. *The Journal Of Histochemistry And Cytochemistry: Official Journal Of The Histochemistry Society* [online].

- 2003, **51**(2), 175-86 [cit. 2018-02-14]. ISSN 0022-1554. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/002215540305100206>
67. LUAN, F., et al. Qualitative analysis of neck kinematics during low-speed rear-end impact. *Clinical Biomechanics* [online]. 2000, **15**(9), 649-657 [cit. 2018-02-04]. ISSN 0268-0033. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268003300000310?_rdoc=1&_fmt=high&_origin=gateway&_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb
68. LUDVIGSSON, M. L. *Neck-specific exercise with or without a behavioural approach, or prescription of physical activity in chronic whiplash associated disorders*. Linköping: Linköping University Electronic Press, 2016. ISBN 978-91-7685-839-4.
69. MADELEINE, P., NIELSEN, M., ARENDT-NIELSEN, L. Characterization of postural control deficit in whiplash patients by means of linear and nonlinear analyses - A pilot study. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2011, **21**(2), 291 -297 [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.1016/j.jelekin.2010.05.006. ISSN 1050-6411. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20558082>
70. MALANGA, G. A., NADLER, S. F. *Whiplash*. Philadelphia: Hanley and Belrus, 2002. ISBN 978-1-56053-438-9.
71. MANCINI, M., HORAK, F. B. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European journal of physical and rehabilitation medicine* [online]. 2010, **46**(2) 239 [cit. 2018-02-24]. ISSN 1973-9087 Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3033730/>
72. MICHAELSON, P., et al. Vertical posture and head stability in patients with chronic neck pain. *Journal of Rehabilitation Medicine* [online]. 2003, **35**(5), 229 [cit. 2018-03-21]. ISSN 1650-1977. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=875c3ec6-6e1d-4695-8fd3-396c4bdb39fb%40pdc-v-sessmgr01>
73. MUZIN, S, et al. When should a cervical collar be used to treat neck pain? *Current Reviews In Musculoskeletal Medicine* [online]. 2008, **1**(2), 114-9 [cit. 2018-02-17]. ISSN 1935-973X. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2684205/>
74. NACCI, A., et al. Vestibular and stabilometric findings in whiplash injury and minor head trauma. *Acta Otorhinolaryngologica Italica* [online]. 2011, **31**(6),

- 378-89 [cit. 2018-03-23]. ISSN 1827-675X. Dostupné z:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3272873/>
75. NEUROCOM INTERNATIONAL. Balance Manager® Systems Technical Specifications: SMART EquiTest®. In: *neuroswiss.com* [online]. ©2008 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z:
http://www.neuroswiss.ch/index_htm_files/7a.Dynamic_SMEQ_Package_with_LFP_INV.pdf
76. NOH, Y., et al. Rotational vertebral artery syndrome due to compression of nondominant vertebral artery terminating in posterior inferior cerebellar artery. *Journal Of Neurology* [online]. 2011, **258**(10), 1775-80 [cit. 2018-02-10]. ISSN 1432-1459. Dostupné z:
<http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=8bb06885-0c11-43a5-bc08-036d72381045%40sessionmgr4009>
77. PAJEDIENE, E., et al. Patterns of acute whiplash-associated disorder in the Lithuanian population after road traffic accidents. *Journal Of Rehabilitation Medicine* [online]. 2015, **47**(1), 52-7 [cit. 2018-02-10]. ISSN 1651-2081. Dostupné z:
<https://www.medicaljournals.se/jrm/content/abstract/10.2340/16501977-1892>
78. PANJABI, M. M. *Clinical biomechanics of the spine*. 2. vyd., Philadelphia: JB Lippincott, 1990. ISBN 0-397-50720-8.
79. PANJABI, M. M. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal Of Spinal Disorders* [online]. 1992, **5**(4), 383-9 [cit. 2018-02-05]. ISSN 0895-0385. Dostupné z:
<https://insights.ovid.com/crossref?an=00002517-199212000-00001>
80. PANJABI, M. M., et al. Cervical spine curvature during simulated whiplash. *Clinical Biomechanics* [online]. 2004, **19**(1), 1-9 [cit. 2018-02-05]. ISSN 0268-0033. Dostupné z: https://ac-els-cdn-com.ezproxy.is.cuni.cz/S0268003303002183/1-s2.0-S0268003303002183-main.pdf?_tid=b2363e91-7964-45de-8b1b-7368a617a390&acdnat=1522009823_38a207cbb0c0ff3733a46f33d241644f
81. PANJABI, M. M., et al. Mechanism of whiplash injury. *Clinical Biomechanics* [online]. 1998, **13**(4-5), 239-249 [cit. 2018-02-05]. ISSN 1879-1271. Dostupné z: [http://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033\(98\)00033-3/pdf](http://www.clinbiomech.com/article/S0268-0033(98)00033-3/pdf)

82. PASTAKIA, K., KUMAR, S. Acute whiplash associated disorders (WAD). *Open Access Emergency Medicine* [online]. 2011, **3**, 29-32 [cit. 2018-01-30]. doi:10.2147/OAEM.S17853. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4753964/>
83. PENG, B. Cervical Vertigo: Historical Reviews and Advances. *World Neurosurgery* [online]. 2018, **109**, 347-350 [cit. 2018-02-09]. ISSN 1878-8769. Dostupné z: [http://www.worldneurosurgery.org/article/S1878-8750\(17\)31790-4/pdf](http://www.worldneurosurgery.org/article/S1878-8750(17)31790-4/pdf)
84. PENNING, L., Acceleration injury of the cervical spine by hypertranslation of the head: Part 2. Effect of hypertranslation of the head on the cervical spine motion: discussion of literature data. *European Spine Journal*, 1992b, **1**, 13-19 ISSN 0940-6719.
85. RADANOV, B., et al. Cognitive deficits in patients after soft tissue injury of the cervical spine. *Spine* [online]. 1992, **17**(2), 127-31 [cit. 2018-01-16]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&sid=8498c441-dfdc-42e3-a579-691488f0c7d7%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc210ZT1lZHMtbG12ZS5zY29wZT1zaXRl#AN=1553581&db=mdc>
86. RÖIJEZON, U., BJÖRKLUND, M., DJUPSJÖBACKA, M. The slow and fast components of postural sway in chronic neck pain. *Manual Therapy* [online]. 2011, **16**(3), 273-278 [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.1016/j.math.2010.11.008. ISSN 1356-689X. Dostupné z: [http://www.mskscienceandpractice.com/article/S1356-689X\(10\)00198-0/pdf](http://www.mskscienceandpractice.com/article/S1356-689X(10)00198-0/pdf)
87. ROSENFELD, M. et al. Early intervention in whiplash-associated disorders: a comparison of two treatment protocols. *Spine* [online]. 2000, **25**(14), 1782-7 [cit. 2018-02-13]. ISSN 0362-2436. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=10888946>
88. RYDEVIK, B., et al. Whiplash injuries and associated disorders: new insights into an old problem. *European Spine Journal* [online]. 2008, **17**, 359-416 [cit. 2018-02-07]. DOI: 10.1007/s00586-007-0484-x. ISSN 0940-6719. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2563159/>

89. RYCHLÍKOVÁ, E. *Manuální medicína: průvodce diagnostikou a léčbou vertebrogenních poruch*. 4., rozš. vyd. Praha: Maxdorf, 2008. Jessenius. ISBN 978-80-7345-169-1.
90. SCOTT, S., SANDERSON, P. L. Whiplash: a biochemical study of muscle injury. *European Spine Journal* [online]. 2002, **11**(4), 389-92 [cit. 2018-02-04]. ISSN 0940-6719. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3610473/>
91. SHUMWAY-COOK, A., WOOLLACOTT, M. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practise*. 3. vyd. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007. ISBN 978-7817-6691-3.
92. SCHNABEL, M., et al. Randomised, controlled outcome study of active mobilisation compared with collar therapy for whiplash injury. *Emergency Medicine Journal* [online]. 2004, **21**(3), 306 – 310 [cit. 2018-02-15]. ISSN 1472-0205. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1726332/>
93. SPITZER, W. O., et al. Scientific monograph of the Quebec Task Force on Whiplash-Associated Disorders: redefining "whiplash" and its management. *Spine*. 1995, **20**(8), 1-73. ISSN 0362-2436.
94. STEMPER, B. D., et al. Anterior longitudinal ligament injuries in whiplash may lead to cervical instability. *Medical Engineering and Physics* [online]. 2006, **28**(6), 515-524 [cit. 2018-02-06]. ISSN 1350-4533. Dostupné z: [http://www.medengphys.com/article/S1350-4533\(05\)00211-0/fulltext](http://www.medengphys.com/article/S1350-4533(05)00211-0/fulltext)
95. STERLING, M., KENARDY, J. *Whiplash evidence base for clinical practice*. 1., vyd. Australia: Churchill Livingstone, 2011. ISBN 9780729579469.
96. STERLING, M. Physiotherapy management of whiplash-associated disorders (WAD). *Journal of Physiotherapy* [online]. 2014, **60**(1), 5-12 [cit. 2018-02-07]. ISSN 1836-9553. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1836955314000058>
97. STERNER, Y., et al. The incidence of whiplash trauma and the effects of different factors on recovery. *Journal Of Spinal Disorders* [online]. 2003, **16**(2), 195-9 [cit. 2018-02-05]. ISSN 1536-0652. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=12679676>
98. STERNER, Y., GERDLE, B. ACUTE AND CHRONIC WHIPLASH DISORDERS - A REVIEW. *Journal of Rehabilitation Medicine* [online].

- 2004, **36**(5), 193-209. ISSN 1650-1977 [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: https://www.medicaljournals.se/jrm/content_files/download.php?doi=10.1080/16501970410030742.
99. SUCHOMEL, P., Lisický, D. Progresivní dynamická stabilizace bederní páteře. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2004, **2**(3), 128-136. ISSN 1211-2658.
100. TAMEEM, A., et al. Whiplash injury. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain* [online]. 2014, **14**(4):167–170 [cit. 2018-02-13]. ISSN 1743-1816. Dostupné z: <https://academic.oup.com/bjaed/article/14/4/167/293699>
101. TENENBAUM, A., et al. The Quebec classification and a new Swedish classification for whiplash-associated disorders in relation to life satisfaction in patients at high risk of chronic functional impairment and disability. *Journal Of Rehabilitation Medicine* [online]. 2002, **34**(3), 114-8 [cit. 2018-02-09]. ISSN 1650-1977. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=8b4188e5-fc08-4d8e-a915-61e241b29f1b%40sessionmgr102>
102. THOMAS, P. Whiplash associated disorder: incidence and natural history over the first month for patients presenting to a UK emergency department. *EMERGENCY MEDICINE JOURNAL* [online]. 2006, **23**(2), 114-118 [cit. 2018-02-07]. ISSN 1472-0205. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2564031/>
103. TODMAN, D. Whiplash Injuries: A Historical Review. *The Internet Journal of Neurology* [online]. 2006, **8**(2), 1-6 [cit. 2018-01-15]. ISSN 1531-295X. Dostupné z: <https://print.ispub.com/api/0/ispub-article/8723>
104. TRELEAVEN, J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Manual Therapy* [online]. 2008, **13**(1), 2-11 [cit. 2018-02-10]. ISSN 1356-689X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1356689X07001191?via%3Dihub>
105. TRELEAVEN, J., et al. Standing balance in persistent whiplash: a comparison between subjects with and without dizziness. *Journal of Rehabilitation Medicine* [online]. 2005, **37**(4), 224-229 [cit. 2018-03-20]. ISSN 1650-1977. Dostupné z:

- <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=eba4281c-d643-44a3-802a-ef0345b45698%40sessionmgr4010>
106. TROJAN, S. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2003. ISBN 80-247-0512-5.
107. VAŘEKA, I. Posturální stabilita (I. a II. Část). *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2002, **9**(4), 115–129. ISSN 1211-2658.
108. VAŘEKA, I., DVOŘÁK, R. Posturální model řetězení poruch funkce pohybového systému. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2001, **8**(1): 33-37. ISSN 1211-2658.
109. VAŘEKA, I., VAŘEKOVÁ, R. *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. 179 s. ISBN: 978-80-244-2432-3.
110. VASAVADA, A. N., et al. Musculotendon and fascicle strains in anterior and posterior neck muscles during whiplash injury. *Spine* [online]. 2007, **32**(7), 756-65 [cit. 2018-2-15]. ISSN 1528-1159. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=17414909>
111. VÉLE, F. *Kineziologie posturálního systému*. Praha: Univerzita Karlova, 1995. ISBN: 80-7184-100-5 .
112. VÉLE, F. *Kineziologie pro klinickou praxi*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 1997. ISBN 80-7169-256-5.
113. 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.
114. WOODHOUSE, A., et al. Irregular head movement patterns in whiplash patients during a trajectory task. *Experimental Brain Research* [online]. 2010, **201**(2), 261-70 [cit. 2018-2-12]. ISSN 1432-1106. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=42f0657d-5734-48c6-9b77-7d88e5f63fda%40sessionmgr4007>
115. WOODHOUSE, A., VASSELJEN, O. Altered motor control patterns in whiplash and chronic neck pain. *BMC Musculoskeletal Disorders* [online]. 2008, **9**, 90 [cit. 2018-03-25]. DOI: 10.1186/1471-2474-9-90. ISSN 14712474. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=4d1c5992-5eb9-461c-ab11-766af24a3cd2%40sessionmgr4009>

116. YACOVINO, D. A., HAIN, T. C. Clinical characteristics of cervicogenic-related dizziness and vertigo. *Seminars in Neurology* [online]. 2013, **33**(3), 244-255 [cit. 2018-2-10]. DOI:10.1055/s-0033-1354592. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24057828>
117. YADLA, S., et al. Whiplash: diagnosis, treatment, and associated injuries. *Current Reviews In Musculoskeletal Medicine*. 2008 [online], **1**(1), 65-8 [cit. 2018-2-8]. ISSN 1935-973X. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2684148/>
118. YOGANANDAN, N., et al. Biomechanical Mechanisms of Whiplash Injury. *Traffic Injury Prevention* [online]. 2002, **3**(2), 98-104 [cit. 2018-2-6]. ISSN: 1538-9588. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15389580211999?needAccess=true>
119. YOGANANDAN, N., et al. Patient Mechanisms of Injury in Whiplash-Associated Disorders. *Seminars in Spine Surgery* [online]. 2013, **25**(1), 67-74 [cit. 2018-2-2]. ISSN 1040-7383. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040738312000743>
120. YOGANANDAN, N., PINTAR, F. A. *Frontiers in Whiplash Trauma: Clinical and Biomechanical*. Amsterdam: IOS Press, 2000. ISBN 1586030124.
121. YU, L. J., STOKELL, R., TRELEAVEN, J. Original article: The effect of neck torsion on postural stability in subjects with persistent whiplash. *Manual Therapy* [online]. 2011, **16**(4), 339-343 [cit. 2018-03-21]. DOI: 10.1016/j.math.2010.12.006. ISSN 1356-689X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1356689X10002250?via%3Dihub>
122. ZEMANOVÁ, M., VACEK, J., BEZVODOVÁ, V. Whiplash poranění. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2003 **10**(4), 139-142. ISSN 1211-2658.
123. ZEMKOVÁ, E. Posturografia ako súčasť funkčnej diagnostiky. *Medicina sportiva bohemica et slovacca*. 2009, **18**, 2-15. ISSN 1210-5481.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 - Vyjádření Etické komise FTVS UK

Příloha č. 2 – Vzor informovaného souhlasu

Příloha č. 3 – Seznam obrázků

Příloha č. 4 – Seznam tabulek

Příloha č. 5 – Seznam grafů

Příloha č. 1 - Vyjádření Etické komise FTVS UK

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
José Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavín

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Posouzení úrovně posturální stability u osob se syndromem whiplash injury

Forma projektu: výzkumná práce - diplomová práce

Období realizace: říjen 2017 – březen 2018

Předkladatel: Bc. Jiří Bureš

Hlavní řešitel: Bc. Jiří Bureš

Místo výzkumu (pracoviště): Katedra fyzioterapie UK FTVS

Vedoucí práce (v případě studentské práce): Mgr. Michaela Stupková

Popis projektu: Tato práce bude hodnotit vliv syndromu whiplash injury na celkovou posturální stabilitu. U probandů s tímto syndromem budou nejdříve odebrána anamnestická data a poté bude provedeno vyšetření posturální stability pomocí dynamického počítačového posturografu Neurocom Smart EquiTest. Pro porovnání výsledků bude do této pilotní studie zařazena kontrolní skupina složená ze zdravých osob, u kterých není přítomen žádný ortopedický, traumatologický či neurologický deficit, který by mohl ovlivnit výsledky měření. Měření bude probíhat vždy jednou po každou osobu samostatně. Po celou dobu testování bude přítomen vyškolený pracovník Katedry fyzioterapie UK FTVS, který bude dohlížet na bezpečnost při měření. Cílem bude porovnat a zhodnotit jednotlivé naměřené hodnoty mezi oběma skupinami a určit tak možný deficit posturální stability u probandů se syndromem whiplash injury.

Charakteristika účastníků výzkumu: Výzkumu se budou účastnit dva sledované soubory osob (A a B) v průměrném věku kolem 30 let. Každý soubor se bude skládat přibližně z 8 probandů. Do sledovaného souboru A budou zařazeny osoby se syndromem whiplash injury do 1 roku od úrazu. Kontraindikacemi pro vstup do výzkumu jsou stavy po předchozích traumatech či ortopedických operacích, a nebo neurologická onemocnění jiné etiologie. Sledovaný soubor B sloužící jako kontrolní skupina bude složen pouze ze zdravých osob, u kterých není přítomen žádný ortopedický, traumatologický či neurologický deficit.

Zajištění bezpečnosti: Jedná se o neinvazivní metody měření, při kterých nebude poškozen kožní kryt ani zdraví pacienta. Vyšetření bude bezpečné a bezbolestné. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžné očekávaná rizika u aktivit prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

Etické aspekty výzkumu: Účastníky výzkumu budou pouze zletilí jedinci. Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Informovaný souhlas: příložen

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

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

V Praze dne: 8. 10. 2017

Podpis předkladatele: 

Vyjádření Etické komise UK FTVS

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

Členové: prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová


Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 143/2014

dne: 11. 10. 2014

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

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
José Martího 31, 162 52, Praha 6
Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise.

- 20 -
razítko UK FTVS


podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha č. 2 – Vzor informovaného souhlasu

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 v rámci diplomové práce s názvem „Posouzení úrovně posturální stability u osob se syndromem whiplash injury“, prováděném na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy (Katedra fyzioterapie), a o svolení s pořizováním a případným využitím fotografií.

Před samotným měřením bude s Vámi sepsaná anamnéza. Data budou zpracována a publikována v anonymní podobě. K měření bude využit dynamický počítačový posturograf Neurocom Smart EquiTest. Jedná se o neinvazivní metodu měření. Měření proběhne v jediném dni a celková maximální doba vyšetření bude 30-40 minut. Po celou dobu testování bude přítomen vyškolený pracovník Katedry fyzioterapie UK FTVS, který bude dohlížet na bezpečnost při měření. Po celou dobu testování budou přísně dodržovány hygienické zásady a budou respektovány vaše subjektivní pocity. Tento výzkum rozšíří poznatky o udržování posturální stability u osob se syndromem whiplash injury. Rizika prováděného testování nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u tohoto typu testování.

Vaše účast v projektu nebude finančně ohodnocená. Osobní data budou anonymizovaná a zveřejněna v anonymní podobě a fotografie budou upraveny tak, aby nebyla možná identifikace. Získaná data budou publikována v diplomové práci, případně využita v odborných časopisech nebo při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána. S výsledky výzkumu bude možné se seznámit po obhájení diplomové práce v Repozitáři závěrečných prací Univerzity Karlovy. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Bc. Jiří Bureš

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Bc. Jiří Bureš 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. 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.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:.....

Příloha č. 3 – Seznam obrázků

Obrázek 1 Umístění ICR v horní krční páteři.....	17
Obrázek 2 3D CT scan - instabilita C1-C2 při rotaci hlavy	21
Obrázek 3 Kinematika Cp během nárazu	25
Obrázek 4 Průběh zakřivení krční páteře	27
Obrázek 5 Ztráta lordotického zakřivení krční páteře.....	29
Obrázek 6 Mechanismus poškození fasetových kloubů.....	34
Obrázek 7 Vztah kontaktní plochy, opěrné plochy a opěrné báze.....	47
Obrázek 8 Smart EquiTest.....	48
Obrázek 9 Pozice nohou při měření	53

Příloha č. 4 – Seznam tabulek

Tabulka 1 Celkový rozsah krční páteře	16
Tabulka 2 Intersegmentální rozsah segmentů Cp	18
Tabulka 3 Experimentální skupina	52
Tabulka 4 Kontrolní skupina	52
Tabulka 5 Hodnoty Equilibrium Score u skupiny whiplash při SOT	57
Tabulka 6 Hodnoty Equilibrium Score u kontrolní skupiny při SOT	58
Tabulka 7 Statistické porovnání hodnot Equilibrium Score mezi whiplash a kontrolní skupinou při SOT	58
Tabulka 8 Výsledný průměr hodnoty Equilibrium Score naměřené při SOT	59
Tabulka 9 Výsledné průměrné hodnoty senzorické analýzy naměřené při SOT	60
Tabulka 10 Výsledné hodnoty Sway Energy Score naměřené při ADT	61
Tabulka 11 Výsledné hodnoty Latency pro levou a pravou dolní končetinu při posunu plošiny vzad u skupiny whiplash při MCT	62
Tabulka 12 Výsledné hodnoty Latency pro levou a pravou dolní končetinu při posunu plošiny vzad u kontrolní skupiny při MCT	63
Tabulka 13 Výsledné hodnoty Latency pro levou a pravou dolní končetinu při posunu plošiny vpřed u whiplash skupiny při MCT	63
Tabulka 14 Výsledné hodnoty Latency pro levou a pravou dolní končetinu při posunu plošiny vpřed u kontrolní skupiny při MCT	64
Tabulka 15 Statistické porovnání výsledných hodnot Latency mezi whiplash a kontrolní skupinou při MCT	64
Tabulka 16 Výsledné hodnoty velikosti oscilace COG u whiplash a kontrolní skupiny při US	66
Tabulka 17 Statistické porovnání velikosti oscilace COG mezi whiplash a kontrolní skupinou při US	66
Tabulka 18 Výsledné hodnoty reakčního času u whiplash a kontrolní skupiny při LOS	68
Tabulka 19 Výsledné hodnoty rychlosti přesunu COG u whiplash a kontrolní skupiny při LOS	68
Tabulka 20 Výsledné hodnoty směrové kontroly u whiplash a kontrolní skupiny při LOS	69
Tabulka 21 Statistické porovnání výsledných hodnot reakčního času, rychlosti přesunu COG a směrové kontroly mezi whiplash a kontrolní skupinou při LOS	69

Příloha č. 5 – Seznam grafů

Graf 1 Senzorická analýza vyhodnocena při SOT	60
Graf 2 Výsledné hodnoty Latency při posunu plošiny vzad.....	65
Graf 3 Výsledné hodnoty Latency při posunu plošiny vpřed	65
Graf 4 Výsledné hodnoty velikosti oscilace COG při US	67