

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Limitní rozsahy pohyblivosti dolní končetiny vybavené protézou
Procarve

Vedoucí práce:

PaedDr. Jan Hruša, CSc.

Zpracoval:

Mgr. Jaroslav Štrupl

Praha 2015

Abstrakt

Název práce: Limitní rozsahy pohyblivosti dolní končetiny vybavené protézou Procarve

Cíle práce: Změřit u lyžařů s jednostrannou nadkolenní amputací rozdíly kloubní pohyblivosti na zdravé a amputované dolní končetině vybavené protézou Procarve a následně uvážit vliv případných rozdílů na techniky sjezdového lyžování.

Metoda: Rešerše literatury, dotazování, expertní rozhovor, laboratorní měření.

Výsledek: Díky aktuálnímu pokroku v oblasti protetiky se začínají objevovat nové možnosti sportovních aktivit i pro osoby s nadkolenní amputací. V naší práci se zaměříme právě na tyto jedince. Vybranou aktivitou bude sjezdové lyžování na dvou lyžích. K této problematice jsme přistoupili z pohledu rozdílů kloubní pohyblivosti zdravé a amputované dolní končetiny (dále jen DK). Amputovaná DK bude vybavena speciální lyžařskou protézou Procarve od firmy Otto Bock. Naměřená data nám pomohou následně vymezit vhodné techniky sjezdového lyžování.

Klíčová slova: sjezdové lyžování, nadkolenní amputace, protéza, technika sjezdového lyžování

Abstract

Titel: The lower limb limit motion range with prosthesis Procarve

Goals: Measure of skiers with above-knee amputees with prothesis Procarve. We want to find differences in joints mobility between healthy and amputated lower limb. After that we want to consider the impact to differences on the techniques of downhill skiing.

Method: Literature review, interviews , expert interviews , laboratory measurements

Results: At this time, thanks for advances in progress on of prosthetics are beginning to explore new possibilities for people with above-knee amputation in sports activities. In our work we just focus on these topic. Selected activities will be downhill skiing on two skis. On this issue , we focus on differences in joint mobility on healthy and amputated lower limb. Amputated limb will be equipped by the special ski Procarve prosthesis from Otto Bock company. The measured results will help us to identify appropriate techniques of downhill skiing.

Key words: downhill skiing, above-knee amputation, prosthesis , downhill skiing technique

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl veškeré literární prameny, které byly během této práce použity. Zároveň souhlasím se zveřejnění této práce jak v tištěné, tak v elektronické podobě.

V Praze dne 10.4.2015

Mgr. Jaroslav Štrupl

Poděkování

Pokud bych měl v této části vyjádřit poděkování, musím každopádně začít u mého mentora PaedDr. Jana Hruši, CSc., bez jehož odborné podpory by tato práce nemohla vzniknout v této podobě. Dále svou vděčnost budu směřovat k Vladanu Princovi, který se na projektu podílel z pohledu nastavování protetického vybavení. Určitě ne na posledním místě děkuji firmě Otto Bock, která poskytla materiální vybavení pro realizaci projektu.

Svoluji k zapůjčení své bakalářské práce ke studijním účelům.

Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatелů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení: Číslo obč. průkazu: Datum vypůjčení: Poznámka:

Obsah

1	Úvod	9
2	Teoretická část	10
2.1	Historie a charakteristika lyžování	10
2.2	Historie a současnost lyžování amputovaných	10
2.3	Klasifikace tělesného postižených	11
2.4	Anatomie a kinematika dolní končetiny	13
2.5	Základní pohyby dolní končetiny a zapojení jednotlivých svalů	14
2.5	Pohyby dolní končetiny při lyžování a jejich vliv na techniku	16
2.6	Amputace	17
2.6.1	Krátká historie amputací	17
2.6.2	Indikace k amputaci	17
2.6.3	Stupně pohybové aktivity	18
2.6.4	Amputace dolních končetin	20
2.7	Technika jízdy sjezdového lyžování	22
2.8	Rizikové faktory jízdy na jedné lyži se stabilizátory	24
2.9	Protézy vhodné pro lyžování	25
2.9.1	Lůžko	26
2.9.2	Kolenní kloub	27
2.9.3	Chodidlo	29
2.9.4	Doplňkový materiál	30
2.10	Typologie vhodného adepta	31
3	Cíl práce a metody	33
3.1	Cíl práce	33
3.2	Úkoly práce	33
3.3	Hypotézy	33
3.4	Metody	33
4	Praktická část	34
4.1	Materiální zajištění výzkumu	34
4.2	Realizace výzkumu	35
4.3	Výzkumný soubor	38
4.4	Výsledky měření	40
5	Diskuze	43

6	Závěry.....	46
7	Použitá literatura.....	48
8	Seznam tabulek, obrázků a grafů.....	50
	8.1 Seznam obrázků	50
	8.2 Seznam tabulek	50
9	Přílohy	51

1 Úvod

Všeobecně jsou přiměřené pohybové aktivity považovány za zdraví přínosné a měly by se stát nedílnou součástí života každého z nás. Pozitivně totiž ovlivňují jak stránku fyzickou tak i psychickou. Je samozřejmostí, že tato slova neplatí jen pro zdravé jedince, ale i pro osoby se specifickými potřebami. Tato úvodní slova můžeme podpořit například publikacemi Hendla a Dobrého (2011) a Auxtera, Pyeera a Crowa (1985). V dnešní době nás obklopuje mnoho příležitostí jak aktivně trávit svůj volný čas. O něco hůře jsou na tom, ale stále hendikepovaní jedinci. Je sice pravdou, že od roku 1990, se změnou politické situace na českém území, se v mnohém zlepšil i přístup k osobám s tělesným postižením, ale stále je co zlepšovat. Postupně dochází u těchto jedinců k větší integraci do společnosti. Integrace však není konečným cílem, daleko lepší variantou je inkluze. Podle Slowíka (2007) je inkluze brána jako nekončící proces, ve kterém jde o to, aby se lidé s postižením mohli v plné míře zúčastňovat všech aktivit společnosti stejně jako lidé bez postižení. Za takovýto proces se dá brát i pracovní činnost protetiků, jejichž hlavním cílem je usnadnit hendikepovaným život nebo je případně s minimálním omezením plně navrátit do společnosti. Pokud však chceme hovořit o plném zařazení, nemůžeme opomenout ani volnočasové aktivity.

Náš výzkum se bude zabývat právě jednou takovouto aktivitou. Zvolili jsme si sjezdové lyžování. Cílovou skupinou, na kterou je naše práce zaměřena, jsou osoby s nadkolenní amputací. Přesněji nám půjde o aplikovatelnost sjezdových technik pro zdravé jedince na osoby s nadkolenní amputací. Na tuto problematiku budeme nahlížet z pohledu možností kloubních rozsahů u amputovaných jedinců jak na zdravé dolní končetině tak na té amputované, která bude vybavena protézou pro lyžování. V našem případě se bude jednat o kolenní kloub a chodidlo Procarve od firmy Otto Bock. Naměřená data následně srovnáme s požadavky jednotlivých lyžařských technik.

2 Teoretická část

V teoretické části bychom se rádi zaměřili na základní přehled důležitých témat, která se dotýkají naší problematiky. Některá témata uvádíme jen z důvodu celkového vhledu, avšak naší hlavní pozornost zaměříme na konstrukci protéz pro lyžování a na techniky pohybu na sjezdových lyžích.

2.1 Historie a charakteristika lyžování

Prapůvodem lyžování byla potřeba člověka se snadněji a rychleji pohybovat po sněhové pokrývce. Tento typ pohybu na sněhu sloužil převážně k lovu a putování z místa na místo. Nejprve pro tento účel sloužily sněžnice, ale postupem času se z nich začaly vyvíjet lyže. První záznamy o využití lyží se objevily již na jeskyních kresbách starých zhruba 4000 – 4500let. Tyto kresby byly nalezeny na Norském ostrově Rodoy. Mladší nálezy v podobě krátké dřevěné lyže byly učiněny ve švédském Hotingntnu. Lyžování tak jak ho známe dnes, tedy spíše z pohledu komerčního a sportovního, má však daleko kratší historii. Ta je spojena až se stoletím 19. kdy nor Sondre Norheim vynalezl první vázání, které umožnilo při sjíždění jak větší kontrolu lyží a tak i zatáčení. Tato sjezdová technika byla nazvána Telemark podle kraje kde byla vytvořena. Ke sportovním účelům byly lyže využívány od roku 1843, kdy se v Norském Tromso uskutečnil pravděpodobně první závod v běhu na lyžích (Chovanec, 1989). Od té doby se lyže začaly upravovat až do dnešní podoby. Postupem času se oddělilo sjezdové lyžování od běžeckého a skoků na lyžích. S příchodem nových materiálů a možností jejich kombinace se různými směry vydaly i konstrukční řešení lyží pro jednotlivá odvětví.

2.2 Historie a současnost lyžování amputovaných

Jedinci s tělesným postižením se dlouhou dobu neúčastnili sportovních aktivit se zdravými. První zmínky o společném měření sil spadají až do první poloviny 19.stol kdy se v Londýně uskutečnil závod v chůzi, na který se přihlásili i dva amputovaní s dřevěnou protézou. Co se však týká lyžování osob po amputaci dolní končetiny, zde sahá historie výrazně do pozdější doby. Za počátky se považuje rok 1941, kdy Němec Franc Wendel připevnil na své berle krátké lyžičky a vyzkoušel nový způsob jízdy s oporou. O rok později se Wendel přihlásil i na své první závody. Tento způsob lyžařské

techniky se stabilizátory se rychle šířil a v polovině 40. let rakouská asociace založila tým hendikepovaných lyžařů (Hrůša a kol., 1999).

Tento způsob sjezdového lyžování byl dlouhou dobu považován za jediný možný u osob s nadkolenní amputací. Důvodem byl nedostatečný vývoj protetického vybavení v oblasti kolenních kloubů. Některé pokusy s protézami dolní končetiny byly sice zaznamenány, například v podobě starých video záznamů z období po druhé světové válce. Postupem času se od tohoto způsobu zcela upustilo. Hendikepovaným jedincům tedy zůstaly pouze dvě možnosti buď na monoski a nebo ta již výše zmiňovaná na jedné lyži se stabilizátory.

Do programu paralympijských her bylo sjezdové lyžování v podobě slalomu a obřího slalomu zařazeno již na prvních hrách v roce 1976 ve Švédsku. V dnešní době lyžaři s amputací zvládají průjezd tratí zhruba ve stejné rychlosti jako lyžaři bez postižení. I počet disciplín a jejich klasifikací se značně rozšířil. Dnes na paralympiádě jezdí amputovaní tyto disciplíny - slalom, obří slalom, SG, super kombinace.

Aby se však mohli vzájemně hendikepovaní sportovci poměřovat, jsou rozděleni podle klasifikačního řádu, který vymezuje jejich postižení a možnosti jejich výbavy. Tuto klasifikace můžeme nalézt na internetových stránkách českého svazu tělesně postižených sportovců. (<http://www.cstps.cz/lyzovani/klasifikace>, 2013) stejnou klasifikaci použila ve své publikaci i Matošková (2005)

2.3 Klasifikace tělesného postižených

„Tělesně postižení, stojící lyžaři

- **LW1** Lyžaři s postižením obou dolních končetin, kteří používají obou lyží a 2 stabilizátorů nebo lyžařských holí (např. oboustranné nadkolenní amputace apod.)
- **LW2** amputace jedné dolní končetiny nad kolenem, lyžují pomocí stabilizátorů na jedné lyži
- **LW3** Lyžaři s postižením obou dolních končetin, kteří používají obou lyží i lyžařských holí (oboustranná podkolenní amp., paréza obou dolních končetin) a lyžaři spastici CP 5, CP6
- **LW4** lyžaři s podkolenní amputací, lyžují s pomocí protézy, dvě lyže a dvě hůlky

- *LW5/7 Lyžaři s postižením obou horních končetin, kteří používají obou lyží, ale nepoužívají lyžařských hůlek / paže amputované nemohou používat hůlky (LW5/7-1, LW5/7-2, LW 5/7-3)*
- *LW6/8 lyžař s jednou rukou / paže amputovaná, používá jednu hůlku (LW6/8 -1, LW6/8-2)*
- *LW9 lyžař s postižením jedné ruky a jedné nohy - většinou spastici (kombinované amputace, CP, parézy), (LW9/1, LW9/2)*

Tělesně postižení, sedící - monoski

- *LW10 monolyžař (vysoká úroveň poranění míchy), (LW10/1, LW10/2)*
- *LW11 monolyžař (hrudní poranění míchy)*
- *LW12 monolyžař (paraplegie nebo dvakrát po amputaci dolních končetin), (LW12/1, LW12/2).“ (<http://www.cstps.cz/lyzovani/klasifikace>, 2013)*

(Legenda: LW = locomotor winter)

Do dnešní doby nebyla vyčleněna kategorie lyžařů s jednou nadkolenní amputací lyžujících se dvěma holemi, na dvou lyžích za pomoci protetického vybavení. V posledních letech totiž postoupil výzkum na poli protetiky o velký krok vpřed a nyníšší protézy umožňují širší sportovní využití. Jedním z prvních kdo využil těchto nových možností, byl i PaedDr. Jan Hruša CSc., který v roce 2009 postavil na kurzu pořádaném Fakultou tělesné výchovy a sportu, pravděpodobně prvního člověka s jednostrannou nadkolenní amputací na dvě lyže. Kurzu jsem se rovněž účastnil na pozici řadového studenta prvního ročníku. Tento první pokus o lyžování byl proveden na protéze osazené kolenním kloubem C-leg od firmy Otto Bock. Důvodem proč tento kloub umožňuje lyžování je schopnost nastavení rozsahu flekčního úhlu a rychlost poklesu při flexi. To běžné mechanické klouby určené k chůzi neumožňují. Nevýhodou tohoto kloubu je však jeho pořizovací cena a náchylnost na vlhké prostředí. Z tohoto důvodu se vývoj odebral jiným směrem. Dnes více společností nabízí ve svém sortimentu mechanické klouby s možností využití i pro sjezdové lyžování. Díky jednodušší konstrukci a vynechání elektronické podpory jsou tyto kolenní klouby daleko levnější na výrobu a i méně náchylné na poškození.

2.4 Anatomie a kinematika dolní končetiny

Tato kapitola nám přinese stručný přehled o anatomii DK a hlavně o funkci jednotlivých svalových skupin, které mohou být ovlivněny amputací a mají tak přímý vliv na rozsah pohybu DK. Pro tuto část jsme použili publikace Čiháka (2001) a Javůrka (1986).

Kosti DK:

femur, patella, tibia, fibula, talus, calcaneus, os naviculare, os cuboideum, ossa cuneiformia, 5x os metatarsale, 5x phalanges digitorum pedis.

Svaly DK:

Svaly na přední straně kyčelního kloubu

Musculus psoas major

Musculus psoas minor

Musculus iliacus

Svaly na zadní straně kyčelního kloubu (povrchová vrstva)

Musculus gluteus maximus

Musculus gluteus medius

Musculus gluteus minimus

Musculus tensor fasciae latae

Tractus iliotibialis

Svaly na zadní straně kyčelního kloubu (hluboká vrstva = pelvitrochanterické svaly)

Musculus piriformis

Musculus gemellus superior

Musculus obturatorius internus

Musculus gemellus inferior

Musculus quadratus femoris

Svaly stehna

Přední strana

Musculus sartorius

Musculus quadriceps femoris

Vnitřní strana

Musculus pectineus

Musculus adductor longus

Musculus gracilis

Musculus adductor brevis

Musculus adductor magnus

Musculus obturatorius externus

Zadní strana (hamstringy = ischiokrurální svaly)

Musculus biceps femoris

Musculus semitendinosus

Musculus semimembranosus

Svaly bérce

Přední skupina

Musculus tibialis anterior
Musculus extensor digitorum longus
Musculus extensor hallucis longus

Laterální skupina

Musculus fibularis longus
Musculus fibularis brevis

Zadní skupina

povrchová vrstva
Musculus triceps surae
Musculus plantaris
hluboká vrstva
Musculus popliteus
Musculus tibialis posterior
Musculus flexor digitorum longus
Musculus flexor hallucis longus

Svaly nohy

Hřbet nohy

Musculus extensor digitorum brevis
Musculus extensor hallucis brevis

Svaly planty

Svaly palce

Musculus abductor hallucis
Musculus flexor hallucis brevis
Musculus adductor hallucis

Svaly malíku

Musculus abductor digiti minimi
Musculus flexor digiti minimi brevis
Musculus opponens digiti minimi

Sřřední skupiny

Musculus flexor digitorum brevis
Musculi lumbricales pedis
Musculus quadratus plantae
Musculi interossei pedis

(Čihák, 2001)

2.5 Základní pohyby dolní končetiny a zapojení jednotlivých svalů

Flexe v kyčelním kloubu (přednožení)

Zapojení svalů: rectus femorys (16,4 mkp), iliopsoas (10 mkp), tensor fascie latae (7,5 mkp), sartorius (4,3 mkp), gluteus minimus přední část (3,5 mkp), pectineus (2,7 mkp)

Extenze v kyčelním kloubu (zanožení)

Zapojení svalů: gluteus maximus (53,2 mkp), adductor magnus (27,2 mkp), semimembraneus (17 mkp), semitendineus (7 mkp), gluteus medius zadní část (6 mkp), biceps femoris caput longum (4,4 mkp) quadratus femoris (3,4 mkp).

Abdukce v kyčelním kloubu, unožení

Zapojení svalů: gluteus medius (12,4 mkp), rectus femoris (9,8). Dvoukloubově: gluteus maximus (9,6 mkp), tensor fascie latae (8,6 mkp), gluteus minimus (7,1 mkp), sartorius (1,9 mkp), piriformis (1,6 mkp).

Addukce v kyčelním kloubu, přinožení

Zapojení svalů: adduktor magnus (28 mkp), gluteus maximus s úponem na femoru (12,5 mkp), adduktor longus (12,2 mkp), adduktor brevis (9 mkp), semimembranosus (8,4 mkp), iliopsoas (5,8 mkp), biceps femoris caput longum (5,5 mkp), semiteninosus (3,9 mkp), pectineus (3,7 mkp), obturatorius externus (3,7 mkp), gracilis (2,9 mkp), quadratus femoris (2,2 mkp).

Vnitřní rotace v kyčelním kloubu

Zapojení svalů: adduktor magnus (? mkp), adduktor longus (? mkp), tensor fasciae latae (0,9 mkp), gluteus minimus (0,9 mkp), rectus femoris (0,5 mkp).

Vnější rotace v kyčelním kloubu

Zapojení svalů: gluteus maximus (9 mkp), gluteus medius (4,2 mkp), obturatorius (2,5 mkp), adduktor magnus dorzální úpon na femoru (2,2 mkp), rectus femoris (1,4 mkp).

Extenze v kolením kloubu

Zapojení svalů: quadriceps femoris (142 mkp, z toho rectus femoris 23,4 mkp), tensor fasciae latae (0,8 mkp).

Flexe v kolením kloubu

Zapojení svalů: semimembranosus (16,8 mkp), semitendinosus (13,2 mkp), biceps femoris (10,3 mkp), gracilis (3,1 mkp), sartorius (2,3 mkp).

Rotace bérce

Zapojení svalů: semimembranosus (3,4 mkp), semitendinosus (0,8 mkp), popliteus (0,8 mkp), sartorius (0,6 mkp), gracilis (0,4 mkp).

Flexe a extenze v horním hlezenném kloubu

Zapojení svalů při plantární flexi: gastrucnemius (9 mkp), soleus (7,4 mkp), flexor hallucis longus (0,9 mkp), flexor digitorum longus (0,4 mkp), tibialis posterior (0,4 mkp), peroneus longus (0,4 mkp), peroneus (0,3 mkp).

Zapojení svalů při dorzální flexi: tibialis anterior (2,5 mkp), extensor digitorum longus (0,8 mkp), peroneus tertius (0,5 mkp), extensor hallucis longus (0,4 mkp).

Supinace a pronace v dolním hleznu

Zapojení svalů pronace: peroneus longus (1,1 mkp), peroneus brevis (0,9 mkp), extensor digitorum longus (0,5 mkp), peroneus tertius (0,4 mkp).

Zapojení svalů supinace: gastrocnemius (2,5 mkp), soleus (2,3 mkp), tibialis posterior (1,5 mkp), flexor hallucis longus (0,7 mkp), flexor digitorum longus (0,6 mkp), tibialis anterior (0,3 mkp), (Javůrek, 1986).

Tab.1. Přirozené rozsahy kloubní pohyblivosti DK

Přirozený kloubní rozsah pohybů DK			
Oblast pohybu	Typ pohybu	Rozsah pohybu (°)	Celkový rozsah pohybů (°)
Hlezenní kloub	Pronace	20-30	70-80
	Supinace	50	
	Plantární flexe	30-35	50-60
	Dorzální flexe	20-25	
Kolenní kloub	Vnější rotace bérce	21	38
	Vnitřní rotace bérce	17	
	Flexe	140	145-150
	Hyperextenze	5-10	
Kyčelní kloub	Abdukce	45	50-60
	Addukce	10-15	
	Vnitřní rotace v extenzi	35-40	80-95
	Vnější rotace v extenzi	45	

(Čihák 2001, Kapandji 1987, Čech, Sosna, Bartoníček, 1986)

2.5 Pohyby dolní končetiny při lyžování a jejich vliv na techniku

Sjezdové lyžování se může považovat za pohybovou aktivitu s převahou zapojení dolních končetin. Nejčastějšími pohyby při lyžování jsou flexe a extenze v kyčelním a kolenním kloubu. Nemůžeme ani opomenout další pohyby jako plantární či dorzální flexe, supinace s pronací nohy a vnější, vnitřní rotaci bérce (Novák, 2011). Svaly zajišťující tyto pohyby nalezneme v předešlé kapitole 2.5. Je samozřejmostí, že s výškou amputace v různých segmentech DK klesají možnosti provedení jednotlivých

pohybů. U amputace přímo v oblasti bérce ztrácí jedinci možnost supinace a pronace. Tyto pohyby v hlezenním kloubu jsou využívány převážně při kontrole rozsahu hranění lyží u všech typů oblouků. Dalším pohybem, o který jsou jedinci ochuzeni, je plantární a dorzální flexe. Tyto schopnosti hlezenního kloubu mají přímý vliv na kontrolu předozadní rovnováhy. U amputace v kolenním kloubu – exartikulaci, nastává další výrazné omezení pohyblivosti dolní končetiny ve vztahu s lyžováním. Jedinci ztrácejí vnitřní a vnější rotaci bérce, která má velký vliv na provedení přívratného postavení lyží. Tyto rotace však i přímo souvisejí s možnostmi hranění z obrázku 1. u možností B,C. Díky fyziologickému řešení kolenního kloubu je schopnost rotace bérce ovlivněna i stupněm flexe. Při natažené DK, tedy úhlu 180°, takřka nelze rotaci provádět. S narůstající flexí tato možnost vzrůstá. Do prvních 30° narůstá schopnost rotace poměrně rychle a poté se postupně zpomaluje. Maximálního rozsahu dosáhneme zhruba v úhlu 45° až 90°. Přirozený rozsah je zhruba 17° pro vnitřní rotaci a 21° pro vnější rotaci (Ross, 1932, Hallen, 1965, Ruetsch a Morscher, 1977, in Čech, Sosna, Bartoníček, 1986).

2.6 Amputace

„Amputace je definována jako odstranění periferní části těla včetně krytu měkkých tkání s přerušením skeletu, která vede k funkční anebo kosmetické změně s možností dalšího protetického ošetření.“ (Kubeš, 2005, s.165)

2.6.1 Krátká historie amputací

Jak uvádějí ve své knize autoři Sosna, Vavřík, Kadlec, Pokorný a kolektiv (2001) Amputace jsou jedním z nejstarších chirurgických úkonů, záznamy o nich sahají až 5000 let př.n.l. Hippokrates popsal 3 indikace k provedení tohoto chirurgického zásahu již 500 let př.n.l. Ty zůstávají platné i v dnešní době: odstranění neúčinných částí končetin, snížení invalidity a určitě to nejdůležitější a tím je záchrana lidského života. K největšímu rozmachu a pokroku v oblastech amputací logicky docházelo v období válečných konfliktů, kdy tyto operace byly nejčastější pracovní náplní tehdejších chirurgů (Kubeš, 2005).

2.6.2 Indikace k amputaci:

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1) Choroby končetinových cév | 4) Infekce |
| 2) Traumata | 5) Kongenitální anomálie |
| 3) Tumory | 6) Poranění a onemocnění nervová |

2.6.3 Stupně pohybové aktivity

Jak uvádí Pulpán (2011) stupně aktivity určuje fyzické a psychické předpoklady uživatele, jak ve vztahu k profesi tak k jeho prostoru, mimopracovním aktivitám a podobně. Hlavním jeho účelem je vytyčit míru plnění denních aktivit odvislou od schopností a možností hendikepovaného. Pro protetika je stupeň pohybové aktivity velice důležitým indikátorem, jelikož mu napovídá, jaké vybavení bude pacient potřebovat. Informace o stupni pacientovi aktivity je neméně důležitá i pro pracovníky pojišťoven, jelikož právě ti schvalují, zda amputovanému jedinci daný typ protetického vybavení uhradí či nikoliv. V této souvislosti bychom rádi doplnili, že české pojišťovny v současné době nehradí speciální vybavení určené ke sportovnímu využití. Pro srovnání uvedeme, že v Německu je možné požádat jednou za 10let o pomůcku tohoto charakteru. Pro náš výzkum bylo protetické vybavení ve formě lyžařské protézy Procarve zapůjčeno firmou Otto Bock. Pokud by chtěl pacient využít tohoto vybavení pro soukromé účely, musí si tuto pomůcku zakoupit zhruba za 150tis korun, nebo využít možnosti zapůjčení cca za 2500 Kč/týden.

Parametry sloužící k určení správného stupně aktivity jsou:

1. Minulost uživatele
2. Současný stav uživatele
3. Pacientova pozitivní motivace využívat danou pomůcku

Celkem bylo stanoveno pět stupňů aktivity, které se označují číslicemi s hodnotou od 0 do 4.

Stupeň aktivity **0**: nechodící pacient, špatný fyzický a většinou i psychický stav, pacient není schopen se svévolně přemísťovat. Cílem je spíše dosažení lepšího kosmetického vzhledu za využití jednoduchých protéz při pohybu na vozíku.

Stupeň aktivity **1**: interiérový typ uživatele, pacientce má předpoklady pohybovat se po rovném povrchu nízkou rychlostí chůze. Interval využitelnosti je velice krátký. Cílem protetika je zajistit pacienta tak aby měl jistou stojnou fázi a zvládl pohyb v interiéru. Protetické vybavení je nejčastěji sestaveno z jednoosého chodidla a jednoosého kolenního kloubu s konstantním třením a brzdou a uzávěrem.

Stupeň aktivity 2: limitovaný exteriérový typ uživatele, uživatel má předpoklad využívání protézy i na drobných exteriérových nerovnostech, avšak jeho tempo pohybu je velice nízké. Limitem je vzdálenost pohybu, kterou je pacient schopen vzhledem ke sému fyzickému a psychickému stavu překonat. Jedinci jsou tedy schopni se celkem bez problémů pohybovat v interiérech a s omezením venku. U tohoto stupně kavity je již možno využít chodidlo s víceosým kloubem. Kolení kloub opět jako u předchozího typu se nejčastěji používá jednoosý s konstantním třením, s brzdou a navíc polycentrický s mechanickým třením.

Stupeň aktivity 3: nelimitovaný exteriérový typ uživatele, jenž má předpoklady se při chůzi bezproblémově pohybovat jakoukoliv rychlostí, je schopen překonat většinu terénních nerovností, přičemž jeho protéza není vystavena nadměrnému zatěžování. Cílem pacienta je tedy dosažení středně vysoké mobility s dostatečnou stabilitou protézy. Doba zatížení může být srovnatelná se zdravým člověkem. Hlavní aktivitou jedince je však chůze bez omezení. Z pohledu protetiky je pacient vhodný pro vybavení v podobě dynamických chodidel a koleních kloubů jednoosých a polycentrických s hydraulickou nebo pneumatickou jednotkou. Doplnkem následně mohou být rotační adaptéry, tlumiče rázů, torzní tlumiče a podobně.

Stupeň aktivity 4: nelimitovaný exteriérový typ uživatele se zvláštními požadavky, co se týká schopností, jsou na tom tito jedinci stejně jako u stupně 3. Ještě k tomu však mají vyšší nároky na mechanické vlastnosti protézy. Jako příklad bychom mohli uvést děti či sportovce. Cílem u této skupiny je bez limitu vykonávat všechny možné aktivity. Nejčastějším chodidlem je dynamický typ, který dokáže pohlcovat a uvolňovat energii způsobenou pohybem. Kolení klouby využijeme jednoosé a polycentrické s hydraulickou nebo pneumatickou jednotkou. Doplnkem následně mohou být rotační adaptéry, tlumiče rázů, torzní tlumiče a podobně.

Z pohledu protetiků jsme se hlavně zaměřovali na kolenní klouby a typy chodidel. Nemůžeme však opomenout ani lůžko. To není určeno stupněm pohybové aktivity, ale spíše stavem pahýlu (Pulpán, 2011).

Třetí a čtvrtý stupeň pohybové aktivity je limitujícím faktorem pro náš účelový výběr. Jedinci s nižším stupněm aktivity nebudou mít možnost se tohoto experimentu účastnit, jelikož jejich fyzické či psychické předpoklady nedosahují dostatečné míry pro zvládnutí této pohybové aktivity. Pro stupeň 2 bychom mohli maximálně doporučit pohyb na monoski případně biski.

2.6.4 Amputace dolních končetin

Jak uvádějí ve své publikaci Kudláček s Ješinou (2013), je amputace dolní končetiny považována za velmi drastický zásah do pohybových schopností pacientů. Na pahýl jsou po amputaci kladeny vysoké nároky na odolnost, výkonnost a pohyblivost. Velice důležitým faktorem, který přímo ovlivňuje tyto parametry, je umístění operační jizvy a délka pahýlu. Čím je pahýl delší tím, lépe může pacient protézu ovládat (Kudláček s Ješina 2013).

Naše práce je sice zaměřena pouze na osoby s nadkolenní amputací, ale nejprve si zde provedeme stručný přehled všech typů amputace dolní končetiny.

Pro základní rozdělení jsme si vybrali knihy Pulpána (2011) a Sosny, Vavříka, Kadlece, Pokorného a kolektivu (2001)

Amputace v oblasti nohy a lýtkové kosti:

- | | |
|-----------------------|--|
| Scharp: | transmetatarzální amputace |
| Lisfanc: | oddělení všech kostí metatarzálních od kostí tarzálních |
| Pirogov: | oddělení všech kostí nohy s výjimkou dorzálních $\frac{3}{4}$ patní kosti, zachování achylovy šlachy |
| Chopart: | oddělení kostí v oblasti v kloubu talonavikulárním a Kalkatokuboidním |
| Syme: | odstranění všech částí nohy a distální části bérce těsně nad talonavikulárním kloubem. Nášlapný pahýl. |
| Transtibiální: | amputace provedena v oblasti tibie, nebezpečí krátkého pahýlu = problém při protézování. |

Amputace noky v oblasti kolenního kloubu

Callander: amputace provedena v oblasti kondylů femuru, dlouhý pahýl

Stokes-Griffitho: česka připevněna ze spodu k femuru, dlouhý pahýl nášlapný

Exartikulace v kolením kloubu: Nejčastěji se provádí resekce kondylů
v transverzální rovině s pevnou fixací česky k resekční linii.

Transfemorální: amputace provedena v oblasti femuru.

Amputace v oblasti pánve

Hemipelvektomie: odstranění celé DK až s polovinou pánevní kosti.

Exartikulace v kyčelním kloubu: odstranění kompletní DK v oblasti kyčelního kloubu.

Námi oslovení probandí, kteří svolili s měřením, budou amputováni v oblasti transfemorální a přímo v kolenním kloubu (exartikulace). Z tohoto důvodu se na tyto dva způsoby provedení více zaměříme.

Exartikulace v kolenním kloubu. Tento způsob amputace má hned několik výhod. Pahýl je po tomto výkonu velmi kvalitní co do možností jeho zatížení. Jedná se tzv. o nášlapný pahýl. Zároveň je zachována švihová funkce díky dlouhé páce stehenních svalů a jejich funkčnosti. Na pahýlu velice dobře ulpívá lůžko, které může být i kratší oproti transfemorální amputaci. Délka pahýlu zjednodušuje sezení z pohledu fáze dosedu a zvedání z této pozice. Pozitivní vliv můžeme sledovat i u celkové stability pacienta.

Exartikulaci je možno provádět několika způsoby. Za základní je považována varianta kdy jsou ponechány intaktní chrupavky femuru a ligamentum patellae je sešito s pahýlem zadního zkříženého vazů. Nejčastěji se provádí resekce kondylů v transverzální rovině s pevnou fixací česky k resekční linii. Patela se po tomto zákroku stane i se svým kožním krytem nášlapnou plochou a je tak zachována funkčnost stehenních svalů. Další variantou exartikulace je použití delšího předního kožního laloku s resekci zadní plochy femorálních kondylů ve frontální rovině podle Mazeta a Hennessyho případně ještě kožní řezy s využitím mediálního a laterálního laloku dle Kjobleho (Kubeš, 2005).

Druhým případem je **transfemorální** amputace. Ta je nejčastějším typem amputace prováděným v oblasti nad kolenem. Dnes je již považována za celkem standardní výkon. Kritickými faktory je výška amputace, která má vliv na ovládání protézy a ulpění lůžka na pahýlu. Velice často také u pacientů po tomto výkonu dochází k flekční kontraktuře. Vhodným provedením je myodéza abduktorů přes vrchol kostního pahýlu laterálně, kde jsou kotveny do otvorů intraosálními stehy. Flexorové skupiny se navzájem sešívají přes vrchol pahýlu myoplasticky se svaly extenzorové skupiny. V případě nízké amputace ve femuru je nutno myslet na délku mechaniky protetického kolenního kloubu (8-10cm), aby byla zajištěna stejná výška osy ohybu obou kolenních kloubů u pacientů po protézování (Kubeš, 2005).

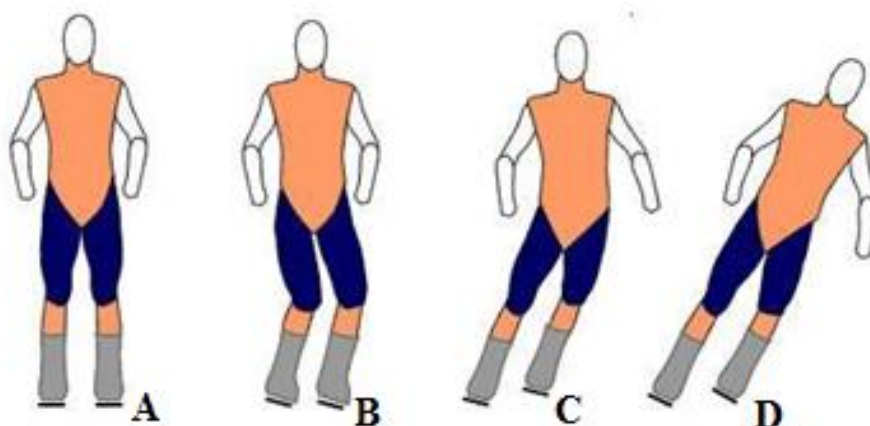
Tento pahýl není brán za nášlapný, proto se musí volit odlišný způsob výroby protézového lůžka než je tomu u exartikulace v oblasti kolene. Celkově je exartikulace výhodnější než transfemorální amputace. Pacientovi totiž zůstane dlouhý pahýl, ke kterému je přichyceno daleko větší množství svalových skupin, tímto jsou i mnohem lepší silové předpoklady k ovládání protézy. Při amputaci 2/3 femuru dochází ke ztrátě až 70% silového potenciálu DK. Další nevýhodou je ulpění lůžka na pahýlu. U exartikulace lze totiž docílit trojúhelníkového svěru ve spodní části lůžka a díky tomu je méně náchylné na torzní síly, které často vedou ke sklouznutí lůžka při aktivitě. Jedinou nevýhodou u exartikulace je umístění osy otáčení u kolenního kloubu, které je vždy o cca 5cm níže než u zdravé končetiny. Při chůzi to díky menším flekčním úhlům nehraje až takovou roli. Ovšem při lyžování, kde jsme stanovili základní flekční úhel v koleni na 150°, to může jedincům způsobit posun těžiště vzad a důsledkem tak bude špatné rozložení tlaku na lyži.

2.7 Technika jízdy sjezdového lyžování

Stejně jako se vyvíjelo lyžařské vybavení, tak se i vyvíjela technika sjezdového lyžování. V této práci se nebudeme zabývat technikami z let minulých a spíše se zaměříme na současné pojetí. V dnešní době rozlišujeme techniky smýkaných a řezaných oblouků. Největší rozdíl u těchto dvou typů je odlišný způsob v zahájení oblouku a v způsobu vedení lyží v průběhu oblouku.

U smýkaných oblouků totiž lyžař zahajuje pohyb z vnitřních hran lyží směrem šikmo vpřed a vzhůru. Dochází k pohybu těžiště směrem vzhůru, tak aby došlo k odlehčení lyží. Tomuto pohybu napomáháme i oporou o hůl. Po odlehčení dochází

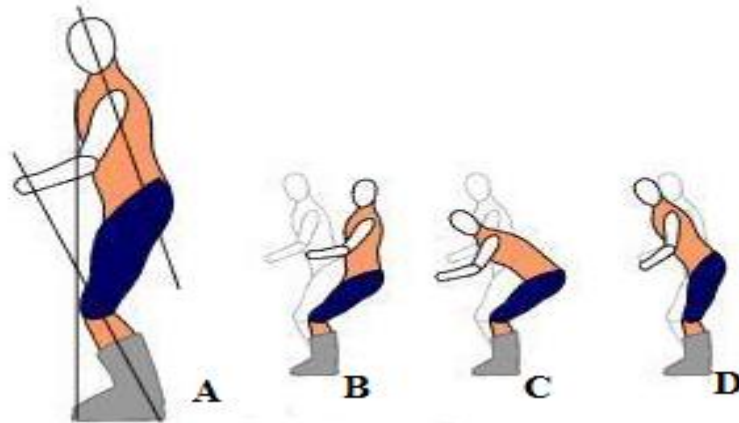
k směřování trupu, pánve, kolen do směru nového oblouku. Ve fázi vedení obloukem dochází ke smyku lyží a tím i brzdění. Oproti tomu technika řezaných oblouků spočívá v plynulém tlaku do přední části lyží. Dnes nám tento způsob lyžování do značné míry zjednodušují takzvané carvingové lyže. Ty díky svému konstrukčnímu řešení při dostatečném stupni zahranění sami vykrojí oblouk. Způsoby zahranění můžeme nalézt na obrázku 1. V průběhu celého oblouku následně nedochází k aktivnímu odlehčení lyží a k jejich znatelnému smyku, tak jak je tomu u předchozího typu oblouku. (Interski ČR, 2005).



Obr.1. Možnosti zahranění lyží (WWW.carving-ski.de)

Základní lyžařská pozice a způsoby postavení lyží na hrany:

- Základní lyžařská pozice, čelní pohled (obr. 1. A)
- Zahranění pohybem kolen dopředu a dovnitř tvořeného oblouku (obr. 1B),
- Zahranění vkloněním pánve do oblouku se současným kompenzačním odklonem trupu (obr. 1C),
- Zahranění náklonem celého těla do oblouku (obr. 1D). (Hanss, 2010)



Obr.2. Základní postavení, boční pohled – chyby (WWW.carving-ski.de)

Možnosti chyb v základním lyžařském postoji boční pohled:

- Základní lyžařská pozice, boční pohled.(obr. 2.A)
- Zákłon trupu, těžiště v zadní části lyží.(obr. 2.B)
- Pozice v zadu, kompenzované nadměrným předklonem trupu. (obr. 2.C)
- Nedostatečná flexe v kolením kloubu, předklon trupu. (obr. 2.D)

(Hanss, 2010)

Provedení oblouků lze ještě dělit dle vzájemného postavení lyží. To může být buď **paralelní**, nebo **přivrátané**. Využití jednotlivého způsobu je určeno situací na svahu, dovednostmi lyžaře, sněhovými a terénními podmínkami. Přivrátané postavení lyží je brána za jeden ze základních pilířů výukových metodik začátečníků. Na českém území většina organizací v oblasti výuky lyžování tento prvek do svých metodik zařazuje. Jako příklad uvedeme Čslš - český svaz lyžařských škol, Apul – asociace profesionálních učitelů lyžování, česká škola lyžování, FtvS – fakulta tělesné výchovy a sportu. Přivrátané postavení – pluh je obecně brán za bezpečnější způsob při nácviu začátečníků, protože lyžaři mají lepší stabilitu, větší kontrolu lyží hlavně co do rychlosti jízdy.

2.8 Rizikové faktory jízdy na jedné lyži se stabilizátory

Jak jsme již uvedli v jedné z předchozích kapitol, nejčastější formou lyžařské techniky u osob s jednostrannou nadkolenní amputací je jízda na jedné lyži s pomocí stabilizátorů. Proto nemůžeme ani tuto variantu opomenout a tak zaměříme se na její nevýhody. Tento způsob lyžování, má přetěžující vliv na kompletní axiální systém a

kloubní spojení dolní končetiny. Při lyžování vzniká odstředivá síla, která působí na lyžaře při průjezdu obloukem. Tato síla znásobuje váhu lyžaře a vyvíjí tak vyšší tlak na kloubní spojení a svaly zajišťující pohyb. U zdravých osob se tato síla rozkládá na obě dolní končetiny a nedochází k jednostrannému přetěžování organismu, jak je tomu u osob s nadkolenní amputací. Pomalu dvojnásobný tlak má pro amputované lyžaře na jedné lyži, vliv na dřívější nástup únavy a v některých případech mohou vzniknout i poškození kloubů. Největší dopad má toto přetěžování na bederní páteř a kyčelní kloub. Nevratná poškození následně působí problémy amputovaným osobám i v jejich běžném životě. Proto se celkem brzy vzdávají této pohybové aktivity a častěji přecházejí na monoski. Řešení této nelichotivé situace nabízí právě protézy s využitím pro sportovní účely. Lyžaři s nadkolenní amputací tak mohou využít techniku jízdy na dvou lyžích. Tímto rozloží lépe váhu na obě dolní končetiny a dojde k eliminaci jednostranného přetěžování.

2.9 Protézy vhodné pro lyžování

Na poli protetiky se v posledních letech stále častěji objevují nové pomůcky, které jsou již od základu koncipovány k provozování pohybových aktivit. Pozornosti protetiků tak nemohlo uniknout ani sjezdové lyžování. Pro tento sport bylo v historii nejprve využíváno klasické protetické vybavení. To však od základu nesplňuje požadavky sjezdového lyžování. Pro tento typ pohybové aktivity je potřebný dostatečný flekční úhel v kolenním kloubu, tak aby bylo možné bezpečně ovládat lyže. Klasické protetické kolenní klouby sice také umožňují flexi, avšak problémem je celkový rozsah pohybu, který nelze nikterak dynamicky omezit. Právě toto dynamické omezení rozsahu pohybu bylo základním klíčem ke konstrukci kolenního kloubů určených k lyžování. Jedinou výjimkou jsou inteligentní kolenní klouby. Jako příklad bych zde uvedl **C-Leg** či **Genium** od firmy Otto Bock. U těchto kloubů můžeme elektronicky nastavit rychlost a míru flexe, což je dostačující k zaujetí základní lyžařské pozice. Vzhledem k absenci zpětné tlačné síly je nucen lyžař využít vlastních silových potenciálů k návratu do vyšší pozice. Pro osoby s exartikulací v kolenním kloubu, toto nepředstavuje zase tak velký problém. Ten však nastane při kratší délce pahýlu u transfemorální amputace, kde poměry silových pák jsou daleko kratší. Další podstatnou nevýhodou je pořizovací cena těchto kloubů a hlavně jejich náchylnost na vlhkost prostředí a jejich nadměrné namáhání při lyžování. Z těchto důvodů firma Otto Bock také tento kloub pro lyžování nedoporučuje. A nyní přejdeme k současné situaci. Na trhu se teď nachází několik typů

sportovních kolenních kloubů, které svou podstatou umožňují i sjezdové lyžování anebo pro něj byly přímo vyvinuty. Jako příklad zde uvedu kolenní kloub **Procarve, Art-Leg a XT-9**. Všechny tyto klouby jsou mechanického charakteru, proto zde došlo k výraznému snížení nákladů na jejich pořízení oproti inteligentním kloubům. Zvýšila se i celková odolnost proti namáhání. Pro náš výzkum jsme využili kolenního kloubu Procarve. Jeho vývoj byl započatý ve Francii již v roce 2004. V následných letech docházelo k jeho úpravám a vylepšením. V roce 2013 tento patent odkoupila firma Otto Bock (<http://www.chabloz-orthopedie.com>). Ta se jej snaží ve spolupráci s Fakultou Tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovi dále rozvíjet.

I když pro lyžaře s nadkolenní amputací je pravděpodobně nejdůležitějším mechanismem funkce kolenního kloubu, nemůžeme opomíjet i další součásti v koncepci celé lyžařské protézy. V následující části se tak zaměříme na každou její komponentu jednotlivě a rozebereme ji více dopodrobna.

2.9.1 Lůžko

Tak abychom mohli zvolit ideální typ lůžka jednotlivému pacientovi, musíme znát jeho celkovou anamnézu. Ne každý jedinec je totiž vhodným adeptem pro sjezdové lyžování. O tomto tématu se více vyjádříme v jedné z následujících kapitol. Nyní však budeme operovat s faktem, že již máme vhodného adepta k této činnosti. Pro základní etapu výcviku lyžování na mírných svazích můžeme většinou využít lůžko pro normální denní aktivity. Limitujícími faktory pro využití je dostatečná pevnost lůžka a jeho ulpění na pahýlu. Pokud se bude chtít lyžař více zdokonalovat, je logickým východiskem konstrukce speciálního lůžka. Takovéto lůžko pro vyšší úroveň lyžování až po ty extrémní (Obr.3.), musí být dostatečně předdimenzováno, jelikož u sjezdového lyžování dochází k daleko větším tlakovým a silovým požadavkům na použité materiály, než je tomu u normální chůze. Prvotní informace, které budou zajímat protetického technika, je typ amputace. Jiný typ lůžka využijeme u pacienta s exartikulací v kolenním kloubu oproti pacientovi s transfemorální amputací. Dalším hlediskem, ke kterému bude technik při výběru lůžka přihlížet, je stav pahýlu. Sledovanými parametry budou: typ a umístění operační jizvy, celkový tvar pahýlu, jeho délka, svalové předpoklady pahýlu, citlivá místa, stav žilního systému a další. Výsledné lůžko není pouze závislé na pacientovi, ale nemalou měrou se na něm podílí zkušenost a

znalosti techniků. Každý pacient je totiž jiný a tak nelze vždy uplatnit stejný postu při výrobě.

Kritickým místem na pevnost je pak hlavně připevnění tříprstého případně čtyřprstého adaptéru k lůžku. Proto se zde znásobují vrstvy tkanin při laminování. Pro celkově vyšší pevnost lůžka je ideální přidat více vrstev karbonové tkaniny. Další důležitou vlastností lůžka je jeho ulpění k pahýlu vzhledem k váze lyžařského vybavení a nadměrným rotačním silám. Jak jsme již uvedli výše, ideálnějším typem amputace pro ulpění lůžka je exartikulace v kolenním kloubu. Pro zvýšení podtlaku v lůžku můžeme využít např. elektronického systému Harmony e-pluse, obrázek 4.

Dalším faktorem, který by měl být brán v potaz, je možnost určité tepelné izolace lůžka, protože amputovaní lyžaři si velice často stěžují na prochladnutí pahýlu. Nejčastěji k tomu dochází v oblasti tříprstého adaptéru na základě tepelné vodivosti kovů, kdy je spodní část protézy vystavena chladu, který se přenáší po kovových součástech výše až k lůžku.



Obr.3. Speciální lůžko na lyžování - exartikulace



Obr.4. Harmony e-plus

2.9.2 Kolenní kloub

Náš výzkum proběhl na protéze osazené kolenním kloubem Procarve. Jak jsme již výše uvedli, prvopočátek vývoje tohoto kolenního kloubu započal ve Francii s následným odkoupením produktu firmou Otto Bock. Kloub se skládá z těla vyrobeného ze slitiny hliníku. Dále pak z odporového pístu sloužícího k tlumení. Ten

funguje na principu kombinace hydraulicko-pneumatického odpružení. Kombinace pneumatické pružiny a hydraulické jednotky zajišťuje komplexní dynamiku pohybu. Pneumatická složka funkce pístu se stará o míru, rychlost a silový odpor ve flexi. Oproti tomu hydraulika se stará o návrat do horní pozice a o jeho rychlost. Další částí kolenního kloubu je aretační západka, která umožňuje zvýšit flekční úhel v kolenním kloubu z maximálních 67° určených pro vykonávání sportovní aktivity až na 80°, které pacient využije pro pozici sedu například při transportu sedačkovou lanovkou. Ovládání západky je mechanické a zajišťuje ho poutko na zadní straně protézy, které po zatažení směrem vzhůru odjistí horní část s adaptérem a umožní tak bezodpornou flexi v kolenním kloubu až na již zmiňovanou hodnotu 80°. Dále jsou na protéze umístěny spojovací materiály v podobě šroubů a na horní i spodní straně je kolenní kloub opatřen čtyřhranem pro přímé spojení s adaptéry a lůžkem, stejně tak jako je tomu u běžných kolenních kloubů na chození. Procarve je tak možné bez větších problémů připevnit na základní vybavení pacienta.





Technické údaje kolenního kloubu Procarve:

- | | |
|---------------------------------------|--------|
| • Maximální tělesná hmotnost | 100 kg |
| • Váha produktu | 1.990g |
| • Systémová výška | 241mm |
| • Maximální flekční úhel pozice sport | 67° |
| • Maximální flekční úhel pozice sed | 80° |







Obr.5. Kolení kloub Procarve (Otto Bock, 2014)

Tab. 2. Nastavení tlaku v kolenním pístu

	
	8–15
	8–15

Tab. 3. Seřízení flekčního úhlu kolenního kloubu

	
	120°–160°
	120°–160°

(Otto Bock, 2014)

2.3 Chodidlo

K systému Procarve je možné dodat dva typy chodidla. Tyto chodidla mají za úkol co nejlépe pokrýt vlastnosti jednotlivého typu amputace. Na obrázku 6.A je vyfocena varianta s gumovým dorazem, který výrazně omezuje délku chodu pístu a zvyšuje jeho tuhost při dorzální flexi. Tato varianta je podle firemních materiálů spíše doporučena jedincům s podkolenní amputací. Druhá varianta, bez gumového dorazu je doporučena jedincům s nadkolenní amputací (Obr.6.B). U obou typů chodidel můžeme využít dva způsoby připevnění. První variantou je možnost připevnění adaptéru na špičce a patce chodidla. Po jejich namontování lze následně připevnit protézu do klasického vázání stejným způsobem jako u normální lyžařské boty. Druhým způsobem je možnost použití krytu chodidla, který umožní upevnění v klasické lyžařské nebo případně i snowboardové botě. Minimální velikost boty pro upevnění je 26cm. Princip a možnosti seřízení jsou totožné jako u kolenního kloubu.

Technické údaje chodidlo Procarve:

- Maximální tělesná hmotnost 100 kg
- Váha produktu 1.550g
- Systémová výška 120mm s propojením pro lyžařské vázání
103mm s krytem chodidla
- Světla výška 138mm s propojením pro lyžařské vázání
121mm s krytem chodidla



Obr.6. A) Chodidlo Procarve s gumovým dorazem, B) Chodidlo Procarve bez gumového dorazu (Otto Bock, 2014)

Tab.4. Nastavení tlaku chodidlového pístu

		bar
		8–15
		15–25
		5–15
		20–25

Tab.5. Seřízení flekčního úhlu kloubu chodidla

		°
		75°–85°
		80°–90°
		75°–80°
		80°–85°

(Otto Bock, 2014)

2.9.4 Doplnkový materiál

- 1) 4G901 Kryt chodidla - Speciální skořepina pro vybavení se snowboardovými botami.
- 2) 755Y68 Vysokotlaková pumpa - Pro nastavení tlaku vzduchu v kolenním kloubu a chodidle
- 3) 2Z503=1 Samostatná sada - Podobní jako standardní lyžařská bota. Snazší chůze
- 4) 4G115 Blokovácí spona - Umožňuje komfortnější chůzi bez funkce pružiny v koleni



Obr.7. Kryt chodidla



Obr.8. Vysokotlaká pumpa



Obr.9. Samostatná sada



Obr.10. Blokovací spona

Obrázková dokumentace a technické údaje o protéze, byly převzaty z produktového materiálu firmy Otto Bock (2014).

2.10 Typologie vhodného adepta

Zatím většina informací, které jsme uvedli v předchozích kapitolách, mohou navozovat určitý pocit, že lyžování na dvou lyžích je možné provozovat s každou osobou s nadkolenní amputací. Bohužel tomu tak není. Jak jsme se již zmínili v kapitole „*Stupně pohybových aktivit*“ pohybové sportovní aktivity a to i lyžování vyžadují celkovou fyzickou a psychickou připravenost k výkonu. Tedy stupně aktivity 3 a 4. Dalším faktorem, který však rovněž částečně souvisí s fyzickou připraveností pacienta, je stav a délka jeho pahýlu. Za limitní délku pahýlu je považována maximálně $\frac{1}{2}$ původní délky stehna. I tato délka je však značně problematická co do kvality protézového lůžka a jeho ovladatelnosti při lyžařské lokomoci. Velice často dochází k torznímu posunu a díky váze lyžařského vybavení ke sklouzávání protézy. Za ideální délku je považována exartikulace případně transfemorální amputace maximálně do $\frac{1}{3}$

původní délky pahýlu. Stav pahýlu je neméně důležitým faktorem, pokud by totiž měl pacient problémy vaskulárního charakteru, mohlo by docházet k uzavírání cévního systému díky vyšším tlakovým nárokům způsobeným odstředivou a rázovou silou. Další souvislostí se špatným krevním oběhem v pahýlu je možnost promrzání končetiny což způsobí necitlivost a může vést až k odumření tkáně. Ale jen fyzická připravenost nestačí, jak jsme se již několikrát přesvědčili, větším problémem bývá připravenost psychická. Nejprve totiž člověk musí chtít zkusit lyžovat, až pak přijde moment, kdy se může postavit na dvě lyže. Často se setkáváme s jedinci, kteří lyžovali již před úrazem a předpokládají, že budou okamžitě schopni jezdit na dvou lyžích. Ovšem protéza má výrazně jiné vlastnosti než zdravá dolní končetina. Tato slova bychom rádi podpořili naším výzkumem. Naučit se ji perfektně ovládat není tak otázkou jedné či dvou hodin, ale o návratu k začátkům a postupnému rozvoji, což je pro mnoho jedinců dosti frustrující. Každý jedinec má i jiné předpoklady k osvojení techniky a právě ty mají také přímý vztah k rychlosti učení. Mezi určující předpoklady budou patřit předchozí zkušenosti s pohybovou aktivitou, dále pak fyzická připravenost jedince i pahýlu, celková hmotnost by neměla přesáhnout 100 kg, schopnost učení novým dovednostem, motivace a mnohé další. V některých případech totiž pomalý pokrok, který nekoresponduje s očekáváním lyžaře, může vést až k zanechání pokusů. Taktéž se stávají případy, kdy z přemíry snahy dochází v nejhorších případech k poraněním pohybového aparátu. Pokud však jedinci překonají počáteční útrapy, budou jim odměnou krásné chvíle strávené na svahu.

3 Cíl práce a metody

3.1 Cíl práce

Změřit u lyžařů s jednostrannou nadkolenní amputací kloubní pohyblivost na zdravé a amputované dolní končetině vybavené protézou Procarve a následně uvážit vliv případných rozdílů na techniky sjezdového lyžování.

3.2 Úkoly práce

- 1) Vymezit základní parametry měření.
- 2) Výběr vhodných probandů k testování.
- 3) Realizace testování.
- 4) Vyhodnocení naměřených dat.
- 5) Vyvodit vzájemný vztah mezi měřením a sjezdovou lyžařskou technikou.

3.3 Hypotézy

- 1) Díky ztrátě možnosti vnitřní rotace bérce, nebudou lyžaři s nadkolenní amputací schopni zaujmout celkově větší jak 40° přívratné postavení.
- 2) Konstrukční řešení kloubů Procarve neumožní pohyb tohoto kolene do strany, aniž by došlo ke kompenzaci pomocí pánve, či celkovému náklonu trupu.

3.4 Metody

Rešerše literatury, dotazování, expertní rozhovor, laboratorní měření.

4 Praktická část

Jelikož se zabýváme vhodnými lyžařskými technikami pro osoby s nadkolenní amputací, zaměřili jsme se v našem výzkumu na rozsahy pohybů v kloubech u pacientů vybavených lyžařskou výzbrojí a lyžařskou protézou Procarve. Tyto data následně poměříme se zdravým probandem. Další srovnání bude provedeno přímo u osob s nadkolenní amputací, kdy porovnáme kloubní rozsahy pravé a levé dolní končetiny. Z naměřených hodnot se pokusíme usoudit na vhodné sjezdové techniky u osob s nadkolenní amputací. Zároveň bychom rádi tento výzkum použili pro vymezení vhodných parametrů pro 3D analýzu v souběžně realizované disertační práci, kde tyto výsledky ověříme přímo na svahu.

4.1 Materiální zajištění výzkumu

Lyžařské vybavení

Všechny tři naše testované osoby měli lyže o délce 162cm s podobným radiusem, v rozmezí 12,2 až 12,4m. Co se týká lyžařských bot, ty by podle našeho expertního názoru neměly, co do značky či velikosti, nikterak ovlivnit výsledek našeho měření. Z tohoto důvodu bylo jediným požadavkem použití novějšího pevného skeletového typu přezkových bot s dostatečným náklekem.

Protetické vybavení

Jedinci s nadkolenní amputací byli vybaveni kolením kloubem a chodidlovou částí Pro Carve od firmy OttoBock. Proband s exartikulací v kolenním kloubu měl speciální podtlakové kontaktní lůžko s možností využití i k nejpokročilejším formám lyžování, zatím co druhý proband s transhumerální amputací měl anatomický typ lůžka s návlekem Iceross transfemorals Seal-in x5 určené převážně k běžným denním činnostem. Jelikož poslední proband byl bez zdravotních obtíží, nebyl nijak vybaven protetickým vybavením.

Záznamové zařízení

V případě měření týkajícího se stranového rozsahu pohybu v koleni jsme pro náš výzkum využili HD video kamery značky Panasonic HDC-TM700 a stativu. K dokumentaci měření jsme použili 10 Mpix fotoaparát od firmy Canon.

Měřicí přístroje

U prvního měření byly výsledné hodnoty odečteny z velkého úhlooměru. V druhém případě bylo využito 2D analýza v programu dartsfish, která byla provedena na notebooku Asus M50.

Doplňkový materiál

Papírovou lepící pásku jsme použili na vymezení prostoru měření a na referenční značky rozsahu úhlového pohybu viz. obr. 11. Dále byla páska použita na referenční body nalepené na pokožku probandů pro zaměření přesného rozsahu pohybu.

Zaměřovací tyč o velikosti 1m pro kalibraci prostoru při měření.

Černý fix na zakreslení referenčních bodů

Místo realizace

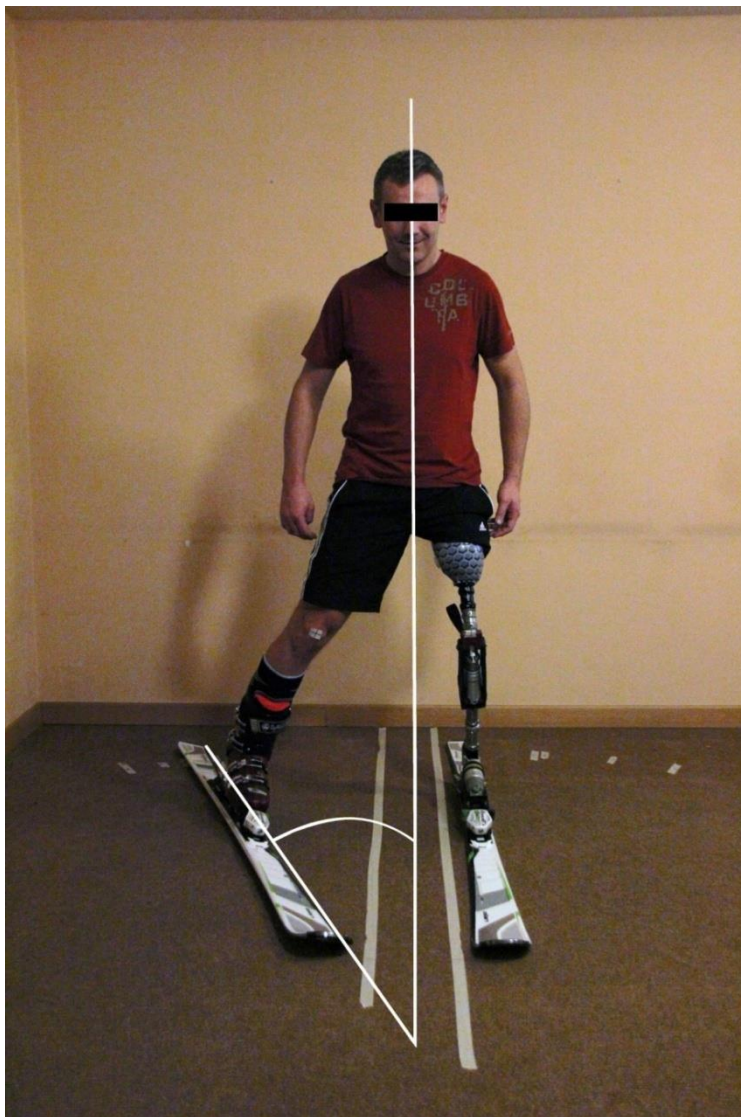
Měření bylo realizováno dne 16.12.2014 v Italském resortu Passo del Tonale ve společenské místnosti hotelu, kde jsme byli schopni zaručit konstantní podmínky.

4.2 Realizace výzkumu

Nejprve jsme oslovili probanda bez amputace. U této osoby jsme změřili maximální a minimální úhel v kolenním kloubu a šíři postavení lyží v základním lyžařském postoji. Hodnota flekčního úhlu v kolenním kloubu v základním lyžařském postoji jsme stanovili na 150°. K podobné hodnotě dospěla i Matošková (2005) ve své disertační práci. Její probandi dosáhli ve spodní části průjezdu obloukem hodnot na vnější hraně od 147° do 158°. Naše hodnoty byly vždy odečteny z bodů 1) trochanter major femoris, 2) epikondylus lateralis femoris, 3) přední hrana tibie. Plantární flexe byla odvozena z konstrukčního řešení lyžařských bot. Dalším krokem byla příprava prostoru na měření. Ta spočívala ve vymezení šířky lyžařského postoje na podlaze za pomoci dvou cca 2m dlouhých pruhů z papírové pásky.

Proband se nyní v plné lyžařské výzbroji (bez hůlek) přemístil do tohoto vymezeného území a zaujal takové postavení, aby se jeho lyže dotýkali vnitřní hranou obou pásek. Poté byl vyzván k zaujetí základního lyžařského postoje. Dalším jeho úkolem bylo nejprve levou nohou zaujmout maximální jednostranný přívrat, aniž by došlo k jakékoliv rotaci pánve, obrázek 11. Místo, kterého proband dosáhl patkou lyže,

jsme označili nalepením značky, tak aby později mohlo dojít k přeměření úhlu postavení lyží. Poté jsme probanda navrátili do základní pozice a znovu jsme jej nechali zaujmout požadovaný prvek z důvodu ověření správnosti prvotního výsledku. Pokud by se zde totiž vyskytla nějaká výrazná odchylka, museli bychom výslednou hodnotu průměrovat a použít více pokusů. Po ukončení pokusů na levé straně prováděl proband to samé i na pravou nohu. Závěrečným krokem prvního měření bylo zaujmout postoj v oboustranném přivrátu, abychom ověřili, že je proband schopný dosáhnout na obou stranách současně svého maxima. Stejným způsobem toto měření pokračovalo i u ostatních dvou amputovaných probandů. Po měření jsme odečetli pomocí velkého úhloměru hodnoty jednotlivých probandů.

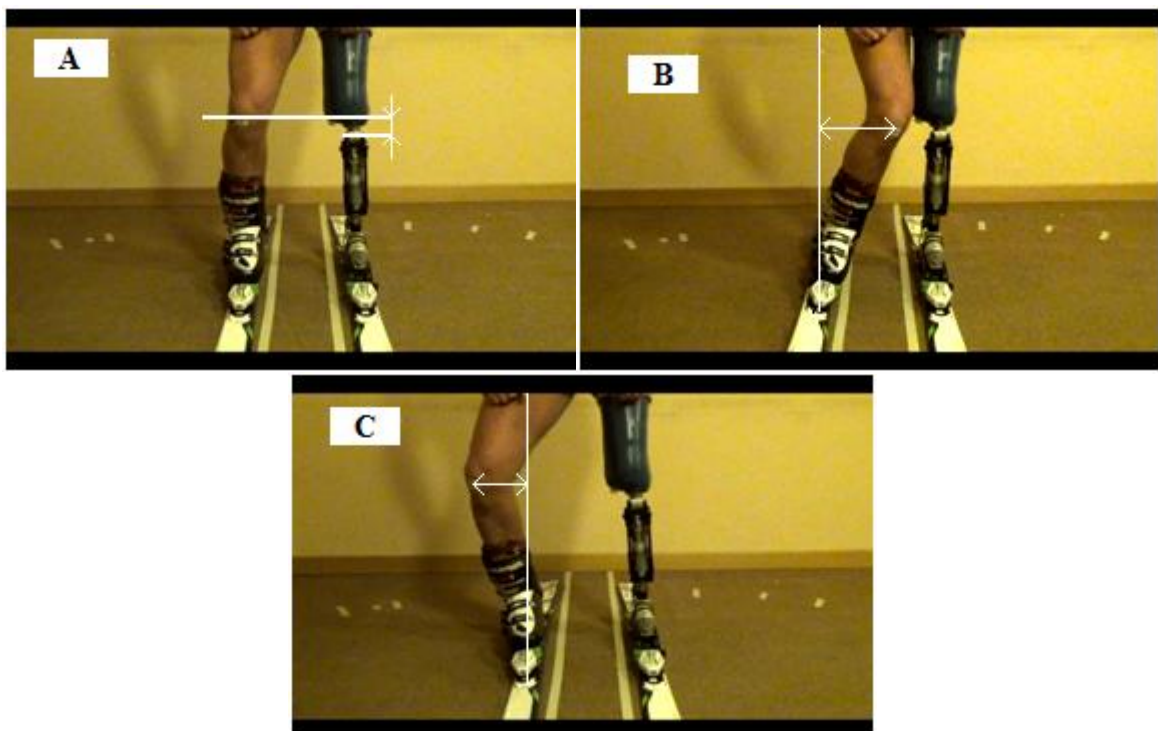


Obr.11. Realizace prvního měření

Druhé měření spočívalo ve změření rozsahu pohybu v kolenu ve frontální rovině za pomoci 2D analýzy z videozáznamu. Proband zaujal stejnou základní pozici jako při prvním měření. Poté jsme mu na koleno do oblasti středu česky, umístili zaměřovací křížky pro snadnější odečet hodnot z videozáznamu. U probandů s amputací se druhý křížek umisťoval na protézu do oblasti středu otáčení protetického kolenního kloubu. Poté jsme probanda seznámili s požadovaným pohybovým aktem. Následně jsme provedli kalibraci videokamery za pomoci metrové tyče. Po kalibraci začal proband provádět požadovaný pohybový prvek v podobě horizontálního pohybu nejprve pouze levým kolenem a následně pouze pravým. Cílem bylo dosáhnout maximálního možného rozsahu pohybu. Probandi tento pohyb prováděli jednotlivě na každou stranu v pěti opakováních tak, aby bylo možné získat průměrnou hodnotu měření. Důraz byl kladen na pohyb pouze dolní končetiny s vyřazením pohybu pánve. Odečítání hodnot proběhlo až následně po přenesení videozáznamu do počítače a zpracováním programem Dartfish.

Obr.12.A základní lyžařský postoj (rozdíl osy otáčení kolenního kloubu)

Obr.12.B postavení lyže na vnitřní hranu } pohyb kolene v horizontální rovině
 Obr.12.C postavení lyže na vnější hranu }



Obr.12 Realizace druhého měření

4.3 Výzkumný soubor

Pro výzkum jsme využili účelového výběru k získání tří probandů. Využili jsme našich kontaktů z dřívějších dob a oslovili jedince, kteří se již účastnili kurzů pořádaných FTVS a měli tak pozitivní přístup jak k této instituci, tak k lyžování. Probandi byli nejprve obeznámeni s průběhem měření a následně jsme je nechali podepsat informovaný souhlas. Jelikož nám byla známa předchozí úroveň jejich lyžařských dovedností, věděli jsme, že nebudou mít žádné problémy se zaujetím jednotlivých lyžařských pozic.

Vymezení výzkumného souboru

Věk: 20 – 45 let

Zdravotní stav: bez komplikací vaskulárního a respiračního systému

Stav pažylu: bez funkčních kontraktur, vyhojená jizva

Doba po amputaci: minimálně 1 rok

Typ amputace: Proband 1 – bez amputace

Proband 2 – exartikulace v kolenním kloubu

Proband 3 – transfemorální amputace

Zkušenosti s lyžováním: pokročilý lyžař

Stupeň pohybové aktivity: 4 (u osob s amputací)

Proband 1

Jednalo se o jedince bez jakéhokoliv zdravotního omezení, který vede dlouhodobě aktivní život s dobrým vztahem ke sportovní činnosti. Co se týká lyžování, této aktivitě se věnuje 17 let na amatérské úrovni a jeho technika jízdy se dá označit úrovní, velice pokročilý lyžař.

- Věk: 25 let
- Váha: 102 kg
- Výška: 191 cm
- Rozsah v kloubech obou dolních končetin: fyziologický, žádné kontraktury

Proband 2

Tento jedinec byl před úrazem rovněž velice zdatným lyžařem. O levou dolní končetinu přišel následkem úrazu. Před amputací byl lyžařem na pokročilé úrovni. Sám měl již jako amputovaný zkušenosti s lyžováním na dvou lyžích za pomoci protézy.

- Věk: 40 let
- Váha: 80 kg
- Výška: 176 cm
- Amputace levé dolní končetiny – exartikulace v kolenním kloubu
- Doba po amputaci 18 měsíců
- Rozsah v kloubech obou dolních končetin: fyziologický.

Proband 3

Poslední z probandů byl po amputaci poměrně dlouhou dobu a však na jeho kondici a stavu jeho pahýlu to není příliš znatelné. Sám je poměrně aktivním lyžařem na jedné DK kde dosahuje vysoké úrovně dovedností. O míře zvládnutí vypovídá to, že se ještě v nedávné minulosti pokoušel i o závodní kariéru. Pro tohoto probanda byl pokus postavení na dvě lyže v tomto termínu prvním počinem tohoto typu od amputace. Ke zranění došlo rovněž následkem úrazu.

- Věk: 40 let
- Váha: 70 kg
- Výška: 180 cm
- Amputace levé dolní končetiny – transfemorální 18cm pahýl původní délka 48cm.
- Doba po amputaci 20 let
- Rozsah v kloubech obou dolních končetin: fyziologický.

4.4 Výsledky měření

Pro větší přehlednost jsme výsledky měření umístili do tabulek číslo 2. a 3. Pod tabulkami budou ještě umístěny doplňkové informace, které se projeví v průběhu měření, popřípadě byly od probandů následně zjištěny při nestandardizovaném rozhovoru. Tak abychom mohli základní lyžařský postoj nějakým způsobem standardizovat, určili jsme na základě předchozího měření flexi v kolenním kloubu na hodnotu 150° a probandí museli vyvíjet soustavný tlak do přední části lyžařských bot u zdravých končetin. U končetiny s protézou musela alespoň částečně zajet pístnice v chodidlové části protézy, tak abychom zabránili probandům v posunu jejich těžiště do záklonu.

Měření 1

Jak jsme již uvedli v kapitole „Realizace výzkumu“ první měření se týkalo rozsahu pohybu v přivrátěném postavení lyží. Výsledky měření lze nalézt v tabulce číslo 6.

Tab. 6. Výsledky prvního měření

Měření 1.	Úhel přivrátu pravá dolní končetina	Úhel přivrátu levá dolní končetina	Úhel při oboustranném přivrátu
Proband 1	28°	29°	57°
Proband 2	24°	9°	33°
Proband 3	25°	10°	35°

Měření 2

Druhé měření bylo zaměřeno na rozsah pohybu kolene v horizontální rovině. Výsledky jsou umístěny v tabulce číslo 7.

Tab. 7. Výsledky druhého měření

Měření 2.	Rozsah od středu na vnější stranu		Rozsah od středu na vnitřní stranu		Celkový rozsah pohybu	
	Pravá dolní končetina (mm)	Levá dolní končetina (mm)	Pravá dolní končetina (mm)	Levá dolní končetina (mm)	Pravá dolní končetina (mm)	Levá dolní končetina (mm)
Proband 1	67	82	79	88	146	170
Proband 2	65	7	87	11	152	18
Proband 3	63	18	68	21	131	39

Dodatečné informace k měření

Probandi byli dále požádáni o popsání subjektivních pocitů při měření. Hlavní informace, které nás zajímali, se týkali pohybu pahýlu v lůžku, který bohužel nebyl pro nás v těchto podmínkách měřitelný.

U probanda **jedna** jsme tyto informace nezjišťovali, protože se jednalo o zdravého jedince. U tohoto probanda jsme však učinili pokus, kdy jsme zkoumali vliv větší flexe v kolenním kloubu na rozsah přívratného postavení. Výsledkem bylo, že při 140° flexi přidal proband ještě na každé končetině úhel o 2° větší. Tato pozice je však energeticky náročnější a proto bychom ji jedincům s amputací nedoporučovali.

Proband číslo **dva** nám v průběhu měření doplňoval informace a pocity ohledně jeho lůžka a celkové pozici. Díky své exartikulaci a posunutí osy otáčení levého kolene směrem dolů (Obr. 12 A), měl proband drobný problém na amputované končetině s posunem těžiště dozadu, které nejprve nahrazoval větším náklonem trupu vpřed. Po

drobné úpravě protézy, nastavením ostřejšího úhlu mezi bérceovou chodidlovou částí, však tento problém zcela vymizel. Během prvního měření, když byl vyzván k dosažení co největšího přivrátu, pociťoval mírné torzní pnutí v lůžku, avšak nedošlo k posunu končetiny. Při druhém měření nebyl schopný amputovanou končetinou vytvořit požadovaný pohyb bez souhybu pánve a opět pociťoval torzní síly mezi lůžkem a pahýlem.

Třetí proband neměl žádný problém s udržení předozadní rovnováhy. Ovšem oblast kde se potýkal s poměrně velkými problémy, díky krátkému pahýlu a nevhodnému typu lůžka, byla situace s torzními pohyby při dosažení maximálního rozsahu jak u prvního tak druhého měření. V obou případech došlo i k posunutí pahýlu a proband se tak znovu musel nově usazovat do lůžka. Stejně jako proband 2, při druhém měření, nahrazoval i proband 3 horizontální pohyb v kolenním kloubu, na straně vybavené protézou, pohybem pánve případně posunem celé osy těla.

5 Diskuze

V tuto chvíli jsme se dostali do fáze, kdy můžeme říci že, máme dostatečné teoretické povědomí o problematice a zároveň i hotové měření. Z tohoto důvodu je ta pravá chvíle začít spojovat tyto dvě části do jednoho většího celku a pokusit se logicky vysvětlit vztah mezi naměřenými daty a jejich vlivu na lyžování osob s nadkolenní amputací.

Základní lyžařská pozice byla společným faktorem obou měření. U osob s transfemorální amputací, tento prvek nečinil žádné problémy. Kde si však musíme dát pozor, jsou osoby s exartikulací v kolenním kloubu. Protože při stejné počáteční dorzální flexi v hlezenním kloubu dochází na amputované končetině k posunu těžiště vzad. Tento jev je způsoben posunem osy otáčení v kolenním kloubu dolů na straně vybavené protézou. Důsledkem toho je špatné rozložení tlaku na lyži a tím její horší ovladatelnost. Cestou nápravy je tak nastavení většího nákleku na spojovacím adaptéru mezi chodidlem a kolenním kloubem.

Prvního měření jsme zařadili převážně z pohledu jízdy v přívratném - pluhovém postavení. Tato technika je totiž, u zdravých jedinců, považována za bezpečnější způsob výuky v etapě specializované lyžařské průpravy. Hlavním důvodem je lepší stabilita a poměrně snadná kontrola rychlosti jízdy. Proto se může zdát, že by byla tato technika taktéž vhodná pro začínající lyžaře s nadkolenní amputací. Naše měření však prokázalo, že osoby s tímto typem amputace, díky absenci rotace v bérce, nemohou dosáhnout oboustranně dostatečného pluhového postavení. Mohou tak jen částečně kontrolovat rychlost jízdy na mírnějších svazích, avšak pokud by se ocitli na svahu s větším úhlem klesáním, nebyli by schopni při přímé jízdě ze spádnice bezpečně kontrolovat svou rychlost. Další faktor, který zde bude hrát značnou roli, je absence opozitní síly mezi dostatečně zahraněnou zdravou DK a nedostatečně zahraněnou de-facto přímo jedoucí lyží na DK vybavené protézou. Protože, ve chvíli kdy postavíme carvingovou lyži na hranu, ta začne mít ihned tendenci k zahájení oblouku. Pokud tedy přichází tato síla jen z jedné strany, musí lyžař vyvinout dostatečné úsilí na vyrušení této rotace, což je mnohdy i pro zdravého začínajícího lyžaře značný problém, natož pro lyžaře s amputovanou DK. Nemluvě o tom, když se dostaneme do fáze nácviku zatáčení v pluhu. Na stranu amputované končetiny tak jedinci provádějí zatočení celkem bez větších problémů. Ovšem zatočení na opačnou stranu je velmi problematické, vzhledem k malému zahranění lyže a díky tomu ruku v ruce jdoucí absenci sil působících směrem od hrany lyže k lyžaři. Techniku jízdy v přívratném postavení bychom tak využívali

spíše u pokročilejších jedinců a to v případech již zmiňované kontroly rychlosti na mírném svahu, nebo v okamžik, kdy potřebujeme zamezit dopřednému sunu lyží. Jako příklad takovéto situace bychom uvedli čekání ve frontě na mírně se svažujícím kopci.

Druhé měření mělo převážně vztah k technice smýkaných a carvingových oblouků. Správné provedení závisí na stranovém pohybu kolen ve formě abdukce a addukce v kyčelním kloubu. Zahájení oblouků jak smýkaných tak carvingových vyžaduje důsledné přiklonění kolen směrem do budoucího oblouku. Musí dojít ke změně zahranění současně na obou lyžích. Jedinci, kteří hůře zvládají techniku sjezdového lyžování, nahrazují nejčastěji tento pohyb kolen pohybem v oblasti pánve. Hlavním důvodem proč dochází k této chybě, je nedostatečná flexe v kolenním kloubu, která následně neumožní pohyby kolen do strany. Zde se však nejvíce projevil rozdíl mezi zdravou a amputovanou DK. Kolenní kloub protézy Procarve, stejně jako ostatní klouby určené ke sjezdovému lyžování, umožňuje vykonávat pouze přímý flekční nebo extenzní pohyb. Zdravý kolenní kloub však má ještě možnost vnitřní a vnější rotace bérce. Tento fakt přímo ovlivnil jak první tak i druhé měření. Díky absenci tohoto pohybu musejí osoby s nadkolenní amputací využít kompenzačního mechanismu a přenést tento pohyb do vyššího segmentu, kterým je kloub kyčelní (*articulatio coxae*). Tímto se tak potvrdila naše druhá hypotéza. Ve výsledku prvek, který považujeme u zdravých jedinců za chybný, spatřujeme u osob s nadkolenní amputací za nezbytný. Některé asociace výuky sjezdového lyžování využívají takzvaně kompenzačního odklonu trupu (Obr. 1. C). Ten je využíván z důvodu usnadnění při získání stability v průběhu oblouku. Lyžař tak i v menší rychlosti a při nižší odstředivé síle docílí většího zahranění lyží. Tento způsob má však své nevýhody v podobě rozložení tlakových sil do lyží a zablokování určitých svalových skupin. A právě díky této blokaci dojde i k omezení kloubního rozsahu DK. Těchto pár posledních vět, ohledně kompenzačního odklonu trupu, se však úplně netýká našeho výzkumu. Chtěli jsme se spíše zaměřit na vhodnost tohoto způsobu jízdy pro osoby s amputací DK. Při druhém měření jsme totiž takovéto pozice rovněž částečně dosáhli. Tento moment nastal v okamžiku, kdy jsme požádali probandy o zaujetí lyžařské pozice (flexe kolene 150°) se stranovým pohybem na amputované DK. Probandi nebyli schopni stranový pohyb vykonat díky konstrukčním možnostem protézy a tak jej začali automaticky provádět v kyčli. To však mělo za následek torzní pohyby pahýlu v lůžku a u probanda s transfemorální amputací došlo dokonce k celkovému posunu pahýlu v lůžku. I když je tento způsob částečně realizovatelný u osob s exartikulací v kolenním kloubu, raději

bychom zvolili jiný přístup při výuce carvingových oblouků. Touto možností je využití širší stopy (zhruba o 5-10cm než je šířka pánve) a účinků odstředivé síly. Širší stopa nám zaručí vyšší stabilitu i při náklonu celého těla do oblouku (Obr.1.D). Středová osa těla z frontálního pohledu tak prochází rovně od hlavy středem pánevní kosti a končí uprostřed mezi chodidly. Tímto dokážeme vyrušit torzní síly v lůžku způsobené kompenzačním odklonem trupu. Tento způsob je na začátku výuky o trochu zdoluhavějším, díky pracnějším hledání stability. Ovšem v konečném výsledku, mohou lyžaři dosahovat vyšších náklonů a pociťovat i větší odstředivou sílu což sebou přináší intenzivnější prožitky z jízdy. Zahranění lyží jen za pomoci pohybu kolen (Obr.1.B) je pro lyžaře s nadkolenní amputací nerealizovatelné z důvodů, které jsme uvedli výše.

Nyní je práce takřka dokončená, zbývá krátké zamyšlení nad dalšími možnostmi co vylepšit a jak jí případně v budoucnu ještě rozšířit. Dnes částečně lituji, že jsem do výzkumu taktéž nezařadil jedince s podkolenní amputací pro získání více rozlišných dat. Pokud by byla možnost pokračovat v tomto výzkumu i v dalších letech studia, rád bych získal data od více jedinců. Také doufám, že mé doktorské studium bude pokračovat nadále úspěšně a tyto naše teorie prakticky ověříme i na svahu. Prozatím jsme vycházeli jen z našich expertních zkušeností s danou problematikou.

6 Závěry

Nyní nastal čas pro bilancování nad obsahem a významem této práce. Díky předchozím zkušenostem s biomechanickými principy lyžování a znalostem anatomie, jsme již na začátku měli hrubou představu o chování protetického vybavení ve vztahu k lyžařské technice. Ovšem, pokud chceme nějakou problematiku brát z vědeckého hlediska, musíme ji podložit daty. Práci chceme rovněž využít jako součást celkového pohledu na problematiku sjezdového lyžování osob s nadkolenní amputací a ne jen jako jednotlivé měření. Jak jsme se již krátce zmínili, data nám totiž budou rovněž skórovat do naší disertační práce, k vymezení vhodných sjezdových technik pro 3D kinematickou analýzu. Již v této podobě může práce přinést nové podněty k úpravě stávajících výukových i sjezdových technik a zefektivnit tak nejen náš přístup k této problematice. To je vše k významu této práce a nyní přejdeme k shrnutí výsledků.

První naše měření se týkalo přívratného postavení. Prokázali jsme, že jedinci s nadkolenní amputací jak v podobě exartikulace, tak v podobě transfemorální nejsou schopni dosáhnout stejný maximální rozsah na zdravé a amputované končetině. Kloubní rozsah u jedinců na zdravé končetině činil u probandů 24° respektive 25° a na straně amputované dolní končetiny nad kolenem 9° respektive 10° . Zdravý jedinec dosáhl na končetinách rozsahu 28° a 29° . Celkové úhly činili u zdravého probanda číslo 1 - 57° . U probandů s amputovanou dolní končetinou: 33° a 35° . Rozsah přívratného postavení jsme tak shledali nedostatečným z pohledu možnosti využití pro výukovou techniku jízdy v pluhu. K tomuto závěru nás dovedly nejen úhly postavení dolních končetin, ale i výpovědi probandů vztahující se k torzním posunům pahýlů v lůžku.

V druhém měření jsme naši pozornost zaměřili směrem k horizontálnímu rozsahu pohybu v kolenním kloubu, při 150° flexi. Na zdravé DK měli probandi celkový rozsah od 131mm do 152mm. Ovšem na straně amputace byl jejich celkový rozsah minimální od 18mm u probanda s exartikulací po 39mm u probanda s transfemorální amputací.

V případě první hypotézy tedy můžeme prohlásit, že se potvrdila naše očekávání a osoby s nadkolenní amputací nebyli schopny docílit většího než 40° přívratného postavení. U druhé hypotézy se naše domněnky rovněž potvrdily. Kolenní protéza ProCarv neumožní horizontální pohyb kolenního kloubu a tím nemůže dojít ani k hranění pouze koleny. Lyžař tak musí využít kompenzačního mechanismu za pomoci pánve či náklonu celého trupu, aby tohoto posunu dosáhl.

Na úplný závěr bych ještě rád uvedl, že tato práce nám opět pomohla přidat další dílek skládačky týkající se sjezdového lyžování osob s nadkolenní amputací v provedení na dvou lyžích.

Byli bychom rádi, pokud by takovéto typy prací následně přispěli k vylepšení jak materiálního vybavení v podobě protéz, tak co možná nejvíce zefektivnili výukové techniky. Naší přáním tedy je, aby se tento způsob pohybové aktivity stal dostupnějším celé cílové skupině.

7 Použitá literatura

- 1) AUXTER, D., PYFER, J., CROWE, W. C. *Principles and methods of adapted physical education and recreation*. 5th ed. St. Louis: Times Mirror/Mosby College Pub., 1985, ISBN 08-016-0378-1.
- 2) ČECH, O., SOSNA, A., BARTONÍČEK, J. *Poranění vazivového aparátu kolenního kloubu*. Praha: Avicem, 1986, 195s. ISBN 08-088-86
- 3) ČIHÁK, R. *Anatomie 1*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2001, 497 s. ISBN 80-7169-970-5.
- 4) GNAD, T. *Základy teorie lyžování a snowboardingu*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2008, 239 s. ISBN 9788024615875.
- 5) HENDL, J., DOBRÝ, L. *Zdravotní benefity pohybových aktivit: monitorování, intervence, evaluace*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2011, ISBN 9788024620008.
- 6) HENDL, J. *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Portál, 2008, 407 s. ISBN 978-80-7367-485-4.
- 7) HRUŠA, J. *Česká škola: lyžování tělesně postižených*. Praha: Svaz lyžařů České republiky, 129 s
- 8) CHOVANEC, F. *Dějiny lyžování* 1.vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989, 132 s. ISBN 17-200-88
- 9) Javůrek, J. *Vybrané kapitoly ze sportovní kineziologie*. Ostrava: Metasport, 1986, 322 s.
- 10) KAPANDJI, I. A. *The physiology of the Joints Volume two. Lower Limb*. Londýn: Churchill Livingstone, 1987.
- 11) KUBEŠ, R. *Amputace*. In DUNGL, P. a kol. *Ortopedie*. Praha: Grada Publishing, 2005, s. 165 - 175, 1280 s. ISBN 80-247-0550-8.
- 12) KUDLÁČEK, M., JEŠINA, O., *Integrovaná tělesná výchova, rekreace a sport*. Vyd. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 9788024439648
- 13) MATOŠKOVÁ, P. *Deskripce specifické lokomoce lyžařů s jednostrannou nadkolenní amputací*. Disertační práce. Praha, 2005.
- 14) NOVÁK, O., a kolektiv autorů *Lyžování – metodika výuky sjezdového lyžování*. 2011, 83s.
- 15) OTTOBOCK. *Produktové školení Procarve*. Plzeň, 2014, 32s.

- 16) PŮLPÁN, R. *Základy protetiky*. Vyd. 1. Praha: Epimedia, 2011. ISBN 9788026000273.
- 17) SLOWÍK, J. *Speciální pedagogika*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2007, 160 s. ISBN 9788024717333
- 18) SOSNA, A. Vavřík, P., Kadlec, M., Pokorný, D., a kolektiv. *Základy ortopedie*. 1. vyd. Praha: Triton, 2001, 175 s., obr. ISBN 8072542028.

Internetové zdroje

- 1) ČESKÝ SVAZ TĚLESNĚ POSTIŽENÝCH SPORTOVců. *ICP Alpské lyžování přehled klasifikace*. [online]. 2009 [cit. 2014-012-08] dostupné z: <http://www.cstps.cz/lyzovani/klasifikace>
- 2) HANNs, U. *Carving- und Ski-Lehrplan" 2 - Basics zur Körperposition* [online]. [cit. 2. 3. 2010]. Dostupné na WWW: http://www.carving-ski.de/lehrplan/fahrtechnik_koerperposition.php
- 3) INTERSKI ČR. *Technika a metodické poznámky* [online]. 2005 [cit. 2014-08-16]. Česká škola lyžování. Dostupné z www: <http://ceskaskolalyzovani.cz/cs/technika-a-met-poznamky-30>.
- 4) CHABLOZ ORTHOPEIE. *Snow spots* [online]. 2013 [cit. 2014-10-19]. Dostupné z: <http://www.chabloz-orthopedie.com/en/orthopedics/sport/5/snow-sports/24/page/skisnowboard-prosthetic/74>
- 5) OTTOBOCK. *Image dowland center/Loir limb protetic*. [online]. 2011 [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: http://professionals.ottobockus.com/cps/rde/xchg/ob_us_en/hs.xsl/44707.html?id=46454
- 6) OTTOBOCK. *Harmony e-plus*. [online]. 2001 [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: http://corporate.ottobock.co.uk/cps/rde/xchg/ob_uk_en/hs.xsl/14902.html?id=tea-ser2

8 Seznam tabulek, obrázků a grafů

8.1 Seznam obrázků

Obr.1. Způsoby zahranění lyží	23
Obr.2. Základní postavení, boční pohled – chyby	24
Obr.3. Speciální lůžko na lyžování – exartikulace.....	27
Obr.4. Harmony e-pluse.....	27
Obr.5. Kolení kloub Procarve.....	28
Obr.6. A) Chodidlo Procarve s gumovým dorazem, B) Chodidlo Procarve bez gumového dorazu.....	30
Obr.7. Kryt chodidla.....	31
Obr.8. Vysokotlaká pumpa.....	31
Obr.9. Samostatná sada.....	31
Obr.10. Blokovací spona.....	31
Obr.11. Realizace prvního měření.....	36
Obr.12 Realizace druhého měření.....	37

8.2 Seznam tabulek

Tab.1. Přirozené rozsahy kloubní pohyblivosti DK.....	16
Tab.2. Nastavení tlaku v kolenním pístu.....	29
Tab.3. Seřízení flekčního úhlu kolenního kloub.....	29
Tab.4. Nastavení tlaku chodidlového pístu.....	30
Tab.5. Seřízení flekčního úhlu kloubu chodidla.....	30
Tab.6. Výsledky prvního měření.....	40
Tab.7. Výsledky druhého měření.....	41

9 Přílohy

Seznam příloh:

1. Souhlas etické komise
2. Informovaný souhlas probanda