

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**STATICKÁ A DYNAMICKÁ ROVNOVÁHA U  
KRASOBRUSLAŘEK RŮZNÉHO VĚKU**

Diplomová práce

Autor: Bc. Jana Křižanová

Studijní program: Učitelství tělesné výchovy pro 2. stupeň ZŠ a SŠ se  
specializacemi

Vedoucí práce: doc. Mgr. Zdeněk Svoboda Ph.D.

Olomouc 2023

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Bc. Jana Křížanová

**Název práce:** Statická a dynamická rovnováha u krasobruslařek různého věku

**Vedoucí práce:** doc. Mgr. Zdeněk Svoboda Ph.D.

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Rok obhajoby:** 2023

### **Abstrakt:**

Diplomová práce se zaměřuje na statickou a dynamickou rovnováhu krasobruslařek různého věku. V teoretické části se zabýváme krasobruslením, definujeme pojmy motorické schopnosti a dovednosti, posturální stabilita a pojmy s ní související. V závěru teoretické části popisujeme možnosti měření vertikálního skoku. V praktické části jsou popsány metody sběru dat a jsou zde prezentovány výsledky měření statické a dynamické rovnováhy na silové plošině. Naším cílem bylo porovnat a zhodnotit vzájemný vztah statickou a dynamickou rovnováhou a věkem a posoudit vztah mezi dominantní a nedominantní končetinou. Ve výsledcích v porovnání statické a dynamické rovnováhy nebyl rozdíl mezi dominantní a nedominantní končetinou, v porovnání věku vykazovaly lepší stabilitu starší krasobruslařky.

### **Klíčová slova:**

Stabilita, posturální stabilita, krasobruslení, rovnováha, posturální kontrola, motorická schopnost

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographical identification****Author:** Bc. Jana Křížanová**Title:** Static and dynamic balance of figure skaters of different ages**Supervisor:** doc. Mgr. Zdeněk Svoboda Ph.D.**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology**Year:** 2023**Abstract:**

Our thesis focuses on the static and dynamic balance of female figure skaters of different ages. In the theoretical part, we deal with figure skating, define the concepts of motor skills, postural stability and concepts related to it. At the end of the theoretical part, we describe the possibilities of measuring vertical jump height. In the practical part, data collection methods are described and there are results of static and dynamic balance measurements on the force platform. Our aim was to compare and evaluate the relationship between static and dynamic balance and age and to assess the relationship between the dominant and non-dominant limb. The results in the comparison of static and dynamic balance did not differ between the dominant and non-dominant limb, the older figure skater showed better stability compared to younger ones.

**Keywords:**

Stability, postural stability, figure skating, balance, postural control, motor ability

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením doc. Mgr. Zdeňka Svobody Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. června 2023

.....



Touto cestou bych ráda poděkovala doc. Mgr. Zdeňku Svobodovi, Ph.D. za připomínky, cenné rady, odborné vedení ale také trpělivost a čas, které mi poskytl při zpracování diplomové práce.

## OBSAH

Obsah .....	7
1 Úvod.....	9
2 Přehled poznatků.....	10
2.1 Krasobruslení.....	10
2.1.1 Zapojení významných svalových skupin při odraze .....	11
2.2 Motorické dovednosti a schopnosti .....	12
2.2.1 Motorické dovednosti .....	12
2.2.2 Motorické schopnosti.....	12
2.2.3 Motorická koordinační schopnost – rovnováha.....	13
2.2.4 Mladší školní věk .....	14
2.2.5 Starší školní věk .....	14
2.3 Posturální stabilita .....	15
2.3.1 Stabilita, stabilizace, balance, postura .....	15
2.3.2 Opěrná báze, opěrná plocha, těžiště.....	16
2.3.3 Ovlivňující faktory posturální stability .....	18
2.3.4 Statická rovnováha.....	19
2.3.5 Dynamická rovnováha .....	19
2.3.6 Rovnováha u krasobruslařů.....	20
2.4 Vertikální výskok .....	20
2.4.1 Druhy vertikálního skoku.....	21
2.5 Single leg test .....	24
3 Cíle .....	26
3.1 Hlavní cíl .....	26
3.2 Dílčí cíle .....	26
3.3 Hypotézy .....	26
4 Metodika .....	27
4.1 Charakteristika výzkumného souboru.....	27
4.2 Metody sběru dat.....	28
4.3 Průběh měření.....	28

4.4	Zpracování dat .....	29
4.5	Statistické zpracování dat .....	29
5	Výsledky.....	30
5.1	Rozdíl ve statické a dynamické rovnováze mezi dominantní a nedominantní končetinou .....	30
5.2	Vliv věku na statickou a dynamickou rovnováhu.....	31
5.3	Individuální hodnocení krasobruslaře v posturální stabilitě a po seskoku .....	33
6	Diskuze .....	42
6.1	Vyjádření k hypotézám.....	43
6.2	Limity studie .....	43
7	Závěry.....	44
8	Souhrn .....	45
9	Summary .....	46
10	Referenční seznam .....	47
11	Přílohy .....	51
11.1	Vyjádření Etické komise.....	51
11.2	Informovaný souhlas rodičů .....	52

# 1 ÚVOD

Krasobruslení je jedním z nenáročnějších sportů, ve kterém je vyžadována vysoká úroveň pohybových dovedností. Předpokladem pohybových dovedností je schopnost člověka udržet rovnováhu v klidových a dynamických podmínkách. Pro bezpečné provedení různých pohybových úloh je rovnováha, z pohledu každodenních aktivit, důležitým aspektem.

Rovnováha představuje jeden z klíčových faktorů výkonnosti v řadě sportovních odvětví. Pro optimální rozvoj rovnováhy je důležité brát v potaz všechny zdroje senzorických informací, tedy zdroje vizuální, vestibulární a somatosenzorické. Krasobruslařky musí mít vysokou úroveň posturální kontroly, aby udrželi rovnováhu během specifických pohybů na ledě (Brachman et al., 2017). Požadavky na udržení rovnováhy se zvyšují z důvodů úzké opěrné plochy na krasobruslařské brusli (Zemková, 2014).

Přestože jsou rovnováhové schopnosti pro krasobruslaře důležité, jejich testování a hodnocení současní krasobruslařští trenéři nepovažují za zásadní. V současnosti neexistuje mnoho testů, jenž by se problematikou rovnováhy u krasobruslařů zabývaly. Analýza rovnováhových schopností ve statické nebo dynamické poloze a vlivu věku, může mít pozitivní přínos ve specifickém sportovním rozvoji sportovce. Teoretické poznatky z výzkumu zaměřeného na tuto oblast mohou být přínosné pro trenérskou činnost, popřípadě k dalšímu výzkumu u krasobruslařů.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Krasobruslení

Krasobruslení, spojující sportovní a umělecký projev, patří ve sportovním odvětví mezi esteticky – koordinační sport. Krasobruslení je podřízeno předepsané kresbě na ledové ploše. Společně s ladnými pohyby jsou předváděny spirály, krokové variace, piruety a skoky podle určitých pravidel. Je to jeden z nejnáročnějších ale přesto nejkrásnějších sportů vyžadující od krasobruslaře vysokou úroveň všestrannosti. Mimo vybrané fyzické zdatnosti, by měl být krasobruslař schopen ztvárnit hudební doprovod a umělecký projev na ledové ploše (Starec, 2008).

K dokonalému předvedení estetických pohybů je zapotřebí senzomotorická koordinace v prostoru a čase, pohybová tvořivost, a především dynamická rovnováha. Pro techniku bruslení by měl mít krasobruslař následující vlastnosti: schopnost maximálního soustředění, prostorovou orientaci, vyrovnanost, schopnost „volného bruslení“ (originální program, exhibiční vystoupení), smysl pro rytmus, vnímání hudby a představitivost. Mezi schopnosti, kterými by měl krasobruslař vynikat, řadíme: výbušnost, obratnost, vytrvalost, sílu a rychlostní a odrazové schopnosti. U krasobruslařského výkonu jsou kladeny nároky na analyzátoři, převážně vestibulárního ústrojí, které ovlivňují stabilitu, jenž je nutná na udržení rovnováhy při piruetách, skocích s obraty i okamžitě po nich. Výkon je také limitován kardiovaskulárním systémem, dokonale vyvinutým svalstvem, pevnými vazy a šlachami (Starec, 2008).

Všechny předvedené dovednosti na ledové ploše vychází z hran krasobruslařských bruslí. U bruslení rozlišujeme čtyři základní hrany: vpřed vně a dovnitř, vzad vně a dovnitř. Jmenované hrany rozlišují u krasobruslaře směr, kterým se pohybuje, a také jakým způsobem se do ledu zařezává čepel brusle. Jestliže se jedná o okraj vnější, vpřed vně nebo vzad vně, je tělo krasobruslaře nakloněné laterálně. Jestliže se jedná o okraj vnitřní, vpřed dovnitř nebo vzad dovnitř je tělo krasobruslaře nakloněno mediálně. U krasobruslařských prvků typu: kroky, obraty, piruety, skoky s rotací a skoky bez rotace, je vyžadována rovnováha při přenášení hrany z vnější do vnitřní a naopak. Krasobruslařský skok zahrnuje tyto fáze: nájezdový oblouk, odrazový oblouk, odraz, fáze letová s rotací, zakončení rotace a dopad, výjezd. Odraz probíhá buďto z vnější hrany nebo z vnitřní hrany. Výjezd ze skoku s rotací se uskutečňuje na zadní vnější hraně. U technicky správně provedeného skoku je odraz pružný a čistý, probíhá „odvinutím“

z hrany se zapojením zoubků. Ve fázi letové krasobruslař rotuje kolem vertikální osy, přidá snožení a připaží skrčmo. Kolmo k ledové ploše je osa trupu, hlavy a rotace. Dopad musí proběhnout bez kolísání na jednu nohu s plynulým a dlouhým obloukem (Jaworski & Ballantine-Talmdage, 2008).

### ***2.1.1 Zapojení významných svalových skupin při odraze***

Studie, která testovala sílu extenze kolene u elitních juniorských krasobruslařů a porovnávala to s provedením jednoduchého (1A) a dvojitého (2A) Axela, zjistila spojitost mezi hloubkou extenze kolene a maximální výškou v provedení 1A i 2A. Dalším faktorem, který studie potvrdila, a který je důležitý u odrazu s maximální možnou výškou, je flexe v kyčli. Autoři doporučili dle výsledků rozvoj silových schopností jako součást suché přípravy (Podolsky et al., 1990).

Mezi významné svaly podílející se na flexi v kyčli řadíme m. iliopsoas, m. rectus femoris a m. pectineus. Nesmíme opomenout také svaly, které provádí extenzi v kyčli, bez kterých by odraz nemohl být proveden. Řadíme zde m. biceps femoris (caput longum), m. gluteus maximus, m. semimebranosus a m. semitendinosus. Svaly podílející se na flexi v kolenním kloubu jsou m. biceps femoris, m. semitendinosus a m. semimembranosus. Opět zmíníme i významný sval provádějící extenzi kolenního kloubu m. quadriceps femoris. Za zmínku stojí i m. gastrocnemius, který má důležitou roli při flexi nohy (výpon, stoj na špičkách). Jeho funkce je spíše dynamická a při odrazu důležitá (Dylevský, 2009).

Shoduje se to také se studií, kde testovali neuromuskulární aktivitu v krasobruslení na kolečkových bruslích. Bylo testováno následující svalstvo: m. biceps femoris, m. lateral gastrocnemius, m. tibialis anterior, m. rectus femoris, m. vastus lateralis, m. vastus medialis a m. gluteus maximus. Testované osoby prováděly předem stanovené skoky (1A, 2A, dvojitý toeloop a trojitý toeloop) a zjišťovali, jak moc se svalová aktivita liší mezi ženami a muži v roller krasobruslení (Pantoja et al., 2014).

V rozvoji odrazové síly je doporučeno cvičit excentrickou i koncentrickou metodou. Specifická suchá příprava mimo ledovou plochu by měla být zaměřena na svaly hýžděvé, hamstringy, kvadricepsy, m. gastrocnemius a m. adductor magnus. Plyometrický trénink lze použít jako jednu z metod ve skokové přípravě krasobruslaře. Právě zkracování a protažení svalového vlákna nebo protipohyb je součástí mechanismu

odrazu a následného dopadu ve skoku. I přesto, že jsou v krasobruslení odrazy prováděny z jedné nohy, je vhodné do tréninku zařadit i odrazy ze dvou končetin (King, 2005).

## **2.2 Motorické dovednosti a schopnosti**

Motorické schopnosti a dovednosti jsou základním pilířem v ovládnání posturální stability, kdy centrální nervový systém (CNS) zajišťuje celý proces. Ve sportovním výkonu jsou motorické dovednosti a motorické schopnosti velmi důležité, a proto je potřeba porozumět jejich vzájemné návaznosti (Měkota & Cuberek, 2007).

### **2.2.1 Motorické dovednosti**

Měkota a Cuberek (2007) vymezují motorickou dovednost jako způsobilost (dovednost) k provedení pohybové činnosti, kterou získáme motorickým učením a pravidelným opakováním. V každodenní činnosti nám motorické dovednosti pomáhají řešit složité úkoly. U sportovce jsou motorické dovednosti předpokladem k efektivnímu, úspornému a účelnému řešení pohybového úkolu. Každý sport má své specifické motorické dovednosti a ty nám určují sportovní výkonnost. Sportovní dovednost definujeme jako konkrétní dovednosti využívané v dané specializaci a ve sportovním výkonu. Tato dovednost nabývá výkonnostního charakteru (Perič & Dovalil, 2010; Měkota & Cuberek, 2007).

### **2.2.2 Motorické schopnosti**

Dovalil (1986) definuje motorickou schopnost jako soubor vnitřních předpokladů jedince v pohybové činnosti. Úroveň motorických schopností je neměnná, jsou stálá v čase a pouze dlouhodobým tréninkem by mohlo dojít ke změnám. Motorické schopnosti jsou rozděleny na kondiční a koordinační (Obrázek 1). V kondiční složce najdeme schopnosti rychlostní, silové a vytrvalostní. V koordinační složce najdeme schopnost orientační, diferenciací, rytmickou, reakční a rovnovážnou. Podle Periče a Dovalila (2010) jsou koordinační schopnosti důležité zejména v regulaci a procesech řízení a pohybu. Proto se nadále vzhledem k této práci budeme věnovat rovnovážné koordinační schopnosti (Dovalil, 1986; Perič & Dovalil, 2010).

### **2.2.3 Motorická koordinační schopnost – rovnováha**

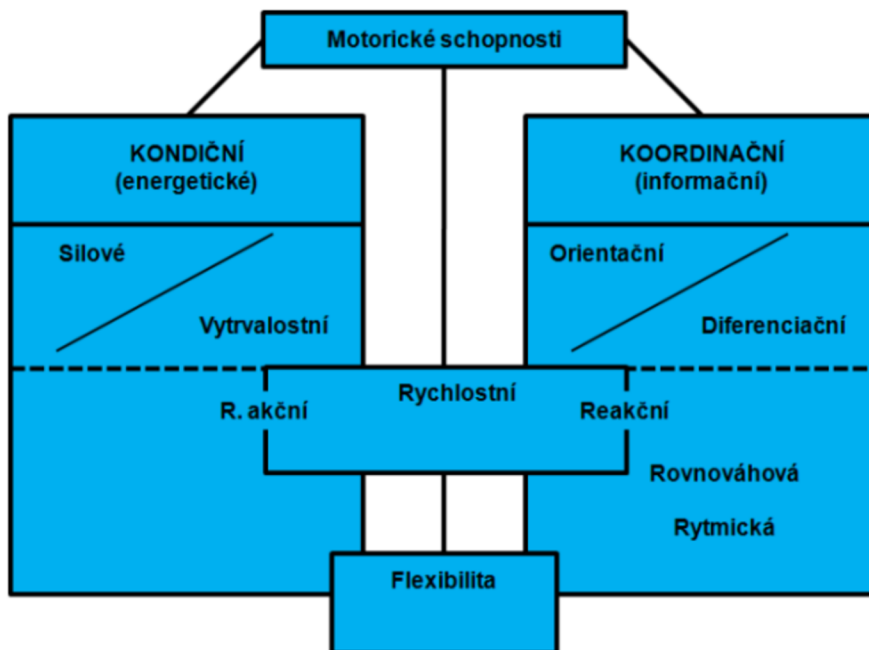
„Schopnost udržovat celé tělo ve stavu rovnováhy, respektive rovnovážný stav obnovovat i při napjatých rovnováhových poměrech a proměnlivých podmínkách prostředí. Rozeznáváme statickou rovnováhovou schopnost, dynamickou rovnováhovou schopnost a balancování předmětů.“ (Měkota & Novosad, 2007). Rovnováha je permanentně udržována a obnovována. U pohybu, kde chybí opěrná plocha, v letové fázi např. krasobruslařském skoku a rotačních pohybech (piruety), je schopnost udržet rovnováhu ve zvýšené potřebě jedince. Rovnováhu ztrácíme a obnovujeme. I při klidovém stoji na obou končetinách neustále udržujeme balanc a „kolébáme“ se laterálním a předozadním směrem. Jedinec s dobrou rovnováhou rychle a zavčas upravuje změnu svalového tonu v příslušné části těla nebo kompenzuje udržení rovnováhy jinými částmi těla (Měkota & Novosad, 2007).

Základem ve schopnosti udržet rovnováhu je správná činnost vestibulárního ústrojí společně se zpracováním zrakových informací a podnětů ze svalových proprioreceptorů. Pomocí balančního cvičení, posilování nebo rozvojem vestibulárního ústrojí můžeme rozvíjet právě rovnovážnou schopnost (Dovalil, 1986). Měkota a Novosad (2007) navíc uvádí, že k udržení polohy v rovnovážném stavu je zapotřebí perfektní souhra pohybového aparátu a periferních i centrálních soustav nervového systému. Udržení a obnovení rovnováhy je komplexní děj, vyžaduje nepřetržitou kontrolu reflexního charakteru, ale také příjem informací, kde je činnost vědomí neméně důležitá. Taktilní (ploska nohy a její četné receptory), kinestetický, vestibulární a vizuální (mnohem kratší je setrvaní v poloze při zavřených očích) aparát se podílí na komplexním udržení rovnováhy. Podle některých autorů dělíme rovnovážné schopnosti na statické a dynamické (Měkota & Novosad, 2007; Perič & Dovalil, 2010). Této problematice věnujeme v následující kapitole.



Obrázek 1

*Hrubé rozdělení motorických schopností (Měkota & Novosad, 2007)*



#### **2.2.4 Mladší školní věk**

V mladším školním věku mají děti největší předpoklad pro rozvoj obratnosti, pohyblivosti, a především koordinačních schopností, mezi které řadíme rovnováhu. Podle autorů mluvíme o tzv. zlaté věku motoriky. V období mladšího školního věku mají děti zvýšenou pohybovou vnímavost a potřebu rozvíjet nové dovednosti. To vše je podpořeno nervosvalovou koordinací, která v tomto věku dozrává (Slepička, Hošek & Hátlová, 2009).

V přechodu předškolního věku na mladší školní věk, by mělo dítě ovládat primární pohybové činnosti, např.: běh, skok apod., postupně se pak daná cvičení zlepšují a stabilizují. Z pohledu krasobruslení představuje toto období vhodný trénink pro rozvoj koordinačních – rovnovážných – schopností (Dovalil, 2002). Dle Měkoty a Novosada (2005) mohou koordinační schopnosti limitovat stupeň obtížnosti a složitosti figur, které má krasobruslař zvládnout.

#### **2.2.5 Starší školní věk**

V literatuře je starší školní věk vymezen mezi 12. – 15. rokem života. V úvodní fázi zažívá dítě po motorické stránce zřetelný vzestup. Učení novým dovednostem vyžadující hbitost, sílu, jemnou pohybovou koordinaci a rovnováhu je rychlejší. Následně dochází v tomto období u

děti ke koordinační nestabilitě. Kvůli zrychlenému růstu a změn poměrů v těle sportovce nastává narušení hrubé motoriky. Jestliže nastolíme přiměřený trénink, můžeme v této etapě zmírnit negativní projevy vývoje (Sádlíková, 2016).

## 2.3 Posturální stabilita

### 2.3.1 Stabilita, stabilizace, balance, postura

Stabilita je označována jako schopnost ustálit se v rovnovážném stavu při působení podnětu na naše tělo a vrátit se do výchozího stavu po odeznění daného podnětu. *Stabilitu lze tedy „kvantifikovat“ na základě míry úsilí, které je nezbytné k opětovnému získání rovnováhy tělesa bezprostředně po jejím narušení v gravitačním poli* (Bizovská et al., 2017, str. 23). U stojícího člověka preferujeme termín posturální stabilita, kdy se jedná o schopnost se udržet ve stoji COG (centre of gravity) v opěrné bázi (Bizovská et al., 2017).

Posturální stabilita je schopnost udržet tělo v takové pozici, ve které nedojde k neřízenému nebo nezamyšlenému pádu. I přes to, že se u statické rovnováhy se poloha těla v prostoru výrazně nemění, jde o dynamický děj, kdy zaujímáme stálou polohu těla v jeho přirozené labilitě.

Posturální stabilizaci chápeme jako aktivní (svalové) držení segmentů těla proti působení zevních sil řízené centrálním nervovým systémem. (Kolář, 2009, p. 39). Významnou roli při zpevnění segmentů těla proti působením zevních sil zaujímá svalová aktivita. Při zaujetí statické polohy (sed, stoj apod.) je zapojením agonistů a antagonistů, zajištěna určitá tuhost ve skloubeních, která nám umožňují vzdorovat v dané poloze gravitační síle. Aby bylo dosaženo vzpřímeného stoje, je nutná koordinovaná svalová aktivita a zpevnění segmentů těla. Posturální stabilizace je základní složka všech pohybů, a to i tehdy pokud mluvíme o pohybu horní nebo dolní končetiny (Kolář, 2009).

Pojem balance se v odborné literatuře definuje jako dynamický proces k udržení postury. Dochází k neustále svalové aktivitě a změny polohy v kloubech s ohledem na funkční požadavky pro udržení těla v opěrné bázi. Dostupná literatura nám odděluje pojem balance a rovnováha (Bizovská et al., 2017; Vařeka, 2002a).

Posturální stabilita je rozdělena na dva druhy: statická a dynamická. Jestliže je tělo v klidu, nemění opěrnou bázi, je posturální stabilita označována jako statická. Pokud je tělo v pohybu, mění se opěrná báze, je posturální stabilita označována jako dynamická nicméně se v literatuře setkáme i s dalšími definicemi s odlišným významem (Davlin,

2004). DiStefano, Clark a Padua (2009) definují rovnováhu statickou jako schopnost, kdy dochází nad opěrnou bází k udržení těžiště a rovnováhu dynamickou jako schopnost přecházet ze stavu dynamického do statického nebo udržení rovnováhy při provádění dynamických pohybů. K určení úrovně dynamické rovnováhy se používají testy zaměřené na udržení rovnováhy po změně polohy nebo pozice (skok na jedné noze, udržení po doskoku na jednu nohu apod.) (Bizovská et., al., 2017, Davin, 2004; DiStefano, Clark & Padua 2009).

V krasobruslení představuje posturální stabilizace a rovnováha nezbytný faktor a také důležitý komponent k provedení pohybů na ledě. Velmi významnou složkou u posturální stabilizace jsou motorické schopnosti, které nám zajišťují spolehlivé provedení pohybu (Zemková, 2014).

K efektivnímu a úspěšnému udržení rovnováhy v krasobruslení je důležité udržet správnou posturu a kontrolovat polohu těžiště těla. Postura je z hlediska biomechaniky definována jako orientace segmentů těla vzhledem k vektoru tíhové síly. Působíště tíhové síly by ve statické poloze mělo být nad úzkou opěrnou plochou krasobruslařské brusle s nožem, a to z biomechanického pohledu ztěžuje také udržení rovnováhy během dynamické situace (Bizovská et al., 2017; Zemková, 2014). Bipedální stoj je pro člověka výchozí posturou, zaujímáme ho během dne a opakovaně ho využíváme i ke zvládnutí běžných činností během dne (Bizovská et al., 2017; Zemková, 2014).

Někteří autoři se při vymezení pojmu postura soustředí převážně na rovnovážnou (balanční) funkci, jiní na vyšetření stoje, chůze apod. Postura není pouze vzpřímený stoj na dvou končetinách, ale je součástí každé polohy a především pohybu. Základní podmínkou pro pohyb je právě postura ne naopak. K identifikování „ideální postury“ je zapotřebí vycházet z anatomické, biomechanické a neurofyziologické složky a jejich propojení (Kolář, 2007).

### **2.3.2 Opěrná báze, opěrná plocha, těžiště**

V této kapitole si definujeme základní terminologii, která se vztahuje k posturální stabilitě a řadí se mezi důležité komponenty v udržení rovnováhy.

„Opěrná plocha (*area of support*) – část podložky, která je v přímém kontaktu s částí těla, kde je realizována opora.

„Opěrná báze (*base of support*) je plocha vzniklá spojením všech vnějších hranic opěrné plochy (plocha konvexní obálky)“ (Obrázek 2) (Bizovská et al., 2017, p. 20).

Obrázek 2

*Grafické znázornění opěrné plochy a opěrné báze (Bizovská et al., 2017, p. 20*



Namísto opěrné plochy můžeme v jiné literatuře najít pojem plocha kontaktu, na níž je provedena opora. Při stožení na jedné dolní končetině můžeme předpokládat, že opěrná plocha a opěrná báze má stejný obsah.

*COM (centre of mass)* neboli těžiště je definováno hypoteticky jako „hmotný bod“, působí síla tíhová, kde je shromážděna hmotnost celého těla. Výsledný moment síly tíhové k „hmotnému bodu“, který působí na jednotlivé části daného tělesa, případně lidského těla, je roven nule. Těžiště můžeme určit pomocí matematických, grafických nebo experimentálních metod. Častokrát bývá *COM* zaměňována za *COG* (Bizovská, 2017; Vařeka, 2002a).

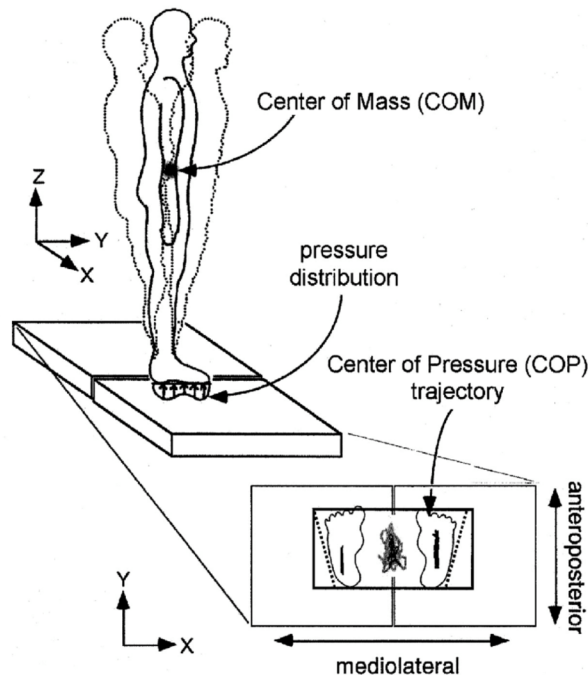
*COG (centre of gravity)* je významný ve vztahu k opěrné bázi, protože se jedná o přenesení společného těžiště těla do roviny v opěrné bázi. Při krasobruslařském skoku a jeho letové fázi, kdy se opěrná báze nevyskytuje, tak nemá význam se jím zabývat. Tento bod je definován jako vertikální průmět těžiště do podložky. U vzpřímeného stoje neustále dochází k vychýlení a kmitání *COG* v anteroposteriorním (předozadním) směru, můžeme se setkat i s pojmem obrácené kyvadlo (Bizovská, 2017; Vařeka, 2002a).

*COP (center of pressure)* definujeme jako působí síly podložky. Pro výpočet polohy *COP* můžeme využít silové plošiny, kdy je *COP* určeno jako působí síly podložky, nebo tlakové plošiny, kdy polohu *COP* vypočítáme jako vážený průměr všech tlaků, jenž působí na opěrnou plochu. Pohyb *COP* a *COG* může být podobný pouze v případě, že je těleso dokonale tuhé (ve statické poloze) např. klidový stoj. Dle Wintera je podstatné neztotožňovat *COP* a *COM* (popřípadě *COG*),

avšak ani netvrdí, že by se tyto dvě složky neovlivňovaly navzájem (Obrázek 3) (Bizovska et. al., 2017; Vařeka, 2002b; Winter, 1995).

Obrázek 3

*Znázornění COP trajektorie a COM (Haddad et al.)*



### 2.3.3 Ovlivňující faktory posturální stability

Posturální stabilita je dynamicky měnící se proces, který nám umožňuje udržovat stabilní polohu. Tento proces je ovlivňován fyzikálními i neurofyziologickými faktory (Véle, 1995).

Mezi biomechanické faktory řadíme:

- opěrná báze,
- poloha a hmotnost těžiště těla,
- kontakt těla s opěrnou plochou,
- vlastnosti a postavení hybných segmentů.

Mezi faktory neurofyziologické řadíme:

- vlivy psychické a vnitřního prostředí,
- excitabilita,

- pohybové spouštějící programy.

Mezi další faktory řadíme:

- pohlaví,
- věk,
- pohybová aktivita,
- pohybové oslabení (Véle, 1995).

### ***2.3.4 Statická rovnováha***

Podle Wintera, Patla a Franka (1990) je schopnost udržet tělo ve statické rovnováze charakteristická minimálním pohybem a neměnnou opěrnou bází. Řídící systém se pomocí rovnovážných reakcí snaží zachovat bipedální stoj. Vizuální a propioceptivní informace je dominující charakter u posturální stability. Pokud dojde k vychýlení těžiště těla mimo opěrnou bází v labilních podmínkách, je řídicím systémem zahájena strategie, díky níž se přemístí opěrná plocha kontaktu tak, aby se těžiště těla nacházelo opět nad (optimálně uprostřed) opěrnou bází. I při selhání této strategie tělo může využít „program“ na prevenci vzniku pádu a dojde např. k vysunutí dolní končetiny a nároku nebo zvednutí paže za účelem zmírnění dopadu (Bizovská, 2017; Vařeka, 2002b).

K udržení statické rovnováhy využíváme „zpětné vazby“ (closed – loop systém), u které je propioceptivní informace převedena a zpracována v CNS a přispívá tak k zachování stabilního stoje (Nashner, 1976).

### ***2.3.5 Dynamická rovnováha***

Podle Měkoty a Blahuše (1983) je dynamická rovnováha schopnost udržet požadovanou pozici těla při změně polohy nebo přesunech (např.: při seskoku, chůze apod.). Dynamickou rovnováhu využíváme v pohybu, přesunech, rotacích a balanci. K narušení rovnováhy a následného pádu nedojde i přesto, že svislá těžiště neprostupuje opěrnou bází. Náklon těla je vyrovnáván působením odstředivé síly, takže výsledná síla složená ze síly tíhové s odstředivé protíná opěrnou bází. K zajištění dynamické rovnováhy slouží navzájem propojené soustavy vnějších a vnitřních sil.

### **2.3.6 Rovnováha u krasobruslařů**

Udržet rovnováhu v krasobruslení může být pro některé sportovce velká výzva. Na ledovém povrchu s nízkým třením společně s úzkou čepelí a tuhou bruslí se zvyšují požadavky na rovnováhu, aby nedošlo k případným zraněním. Optimální výkon nervosvalového systému je v krasobruslení důležitý, protože předávají informace o poloze a pohybu končetin, což je důležité při skocích a rotacích. Hodnocení rovnováhy v krasobruslení je prováděno mnoha testy ve stoji na obou nebo jedné končetině. Ve výzkumech jsou účastníkům omezeny smyslové vjemy (zrak, postoj, povrch). Krasobruslaři provádějí náročné pohyby, při kterých je vynikající dynamická rovnováha vyžadována. Ve většině je v tréninkovém procesu zařazen trénink dynamické stability s neuromuskulární nebo proprioceptivní složkou s cvičením na jedné dolní končetině (Grewail et. al., 2016). Cvičení by měla postupovat od jednoduššího provedení po složitější (na stabilním povrchu po nestabilní povrch, se zrakovým vjemem a bez zrakového vjemu) (Kovacs et al., 2004).

## **2.4 Vertikální výskok**

V mnoha sportovních odvětvích ovlivňuje vertikální výskok výkon sportovce, protože se jedná o základní pohybovou činnost. Aby byl vertikální výskok dobře proveden, je zapotřebí zapojení a koordinace celého těla, především dolních končetin. V mnoha sportech je výška vertikálního výskoku považována za velmi důležitou, protože ukazuje na úroveň výbušné síly dolních končetin. U krasobruslení je to jeden z nejdůležitějších požadavků, který ovlivňuje schopnost bruslaře provést rotaci o určitých otáčkách, a dává mu dostatek času na dopad a výjezdový oblouk. Jedinec musí skok provést s maximálním úsilím. Jde o komplexní pohyb celého těla, kdy se bruslař snaží dosáhnout maximální výšky (Horníček, 2021; Nuzzo, Anning & Scharfenberg, 2011).

Produkovanou sílu dolních končetin ve vertikálním výskoku můžeme přenášet jedinec při kontaktu s podložkou. Znamená to, že úvodní fáze je řídicí parametr pro vlastnost výskoku. Letová fáze výskoku je většinou definována již při opuštění podložky. Na výskok pohlížíme jako na dynamický jev, který ovlivňují síly setrvačné a gravitace. Už jen z tohoto pohledu nelze na výskok nahlížet jako na jev statický (Zahálka, Vodička & Heller, 2007).

Při vertikálním výskoku dochází převážně k zapojení následujících svalů: m. triceps surae, m. biceps femoris, m. quadratus femoris a m. gluteus maximus dlouhý ohýbač palce, trojhlavý sval lýtkový, dvouhlavý sval stehenní, čtyřhlavý sval stehenní a svaly hýžďové. Ovšem jak již bylo zmíněno, pro provedení správného výskoku je důležité zapojení celého těla. Správná technika vertikálního výskoku má velký podíl na prevenci vzniku zranění. Po výskoku dopadá krasobruslař na jednu dolní končetinu, kde je velmi časté riziko úrazu, a právě pomocí správné techniky odrazu a dopadu můžeme závažnějším zraněním předejít (Čihák, 2002; Nuzzo, Anning & Scharfenberg, 2011; Zahálka, Vodička & Heller, 2007).

V krasobruslení je výška skoku limitována krasobruslařskou botou, která je z tvrdého materiálu. Omezuje to pohyblivost v kotníku a možnost získat maximální sílu v plantární flexi při provedeném odrazu. I hmotnost brusle může být faktor snižující maximální výšku výskoku. Je zapotřebí brát v potaz i to, že se odrazová noha v krasobruslení liší, dle typu krasobruslařského skoku. Ovšem všechny dopady jsou prováděny stále na stejnou dopadovou nohu do výjezdového oblouku (Albert & Miller, 1996; Haguenaer, Legreneur & Monteil, 2006).

#### **2.4.1 Druhy vertikálního skoku**

V závislosti na daném sportu, disciplíně a situaci nalezneme mnoho různých druhů vertikálního skoku. Mezi základní typy patří výskok ze stoje s protipohybem (counter movement jump – CMJ), výskok bez protipohybu ze dřepu (squat jump – SJ) a výskok po seskoku (drop jump – DJ). U některých druhů odrazu lze ještě rozlišovat, zda jsou při provedení zapojeny paže či nikoli. Například CMJ lze provést se zapojením horní končetin (CMJ – FA = free arms) nebo z rozběhu (CMJ – RU = run up) (Kuníková, 2020; Zahálka, Vodička & Heller, 2007).

##### *Vertikální výskok s protipohybem – counter movement jump – CMJ*

Vertikální výskok s protipohybem v angličtině counter movement jump, je jedním ze základních nástrojů pro ověřování výbušné síly dolních končetin u sportovců (Obrázek 4). Test, provedený tímto způsobem, je vyhledáván pro svou praktičnost, neinvazivnost a relativně nenáročnost (Křivánková, 2021; Walker, 2016).

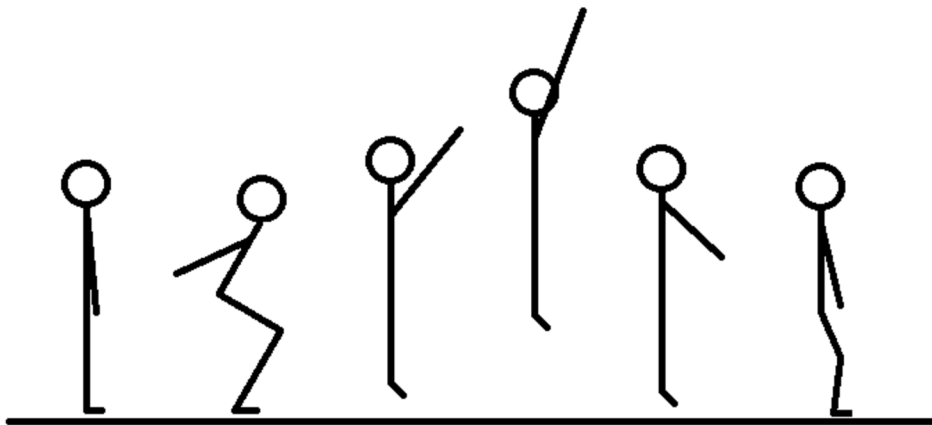
Test by měl být pokaždé prováděn ve stabilním prostředí, vždy za využití příslušného nástroje a ve stejných podmínkách. Hodnoty výšky vertikálního skoku



můžeme získávat pomocí akcelerometrů, kontaktních desek, silových a infračervených plošin, vysokorychlostních kamer nebo lineárních snímačů polohy. Testovaná osoba může test provádět dvěma způsoby: bez zapojení horních končetin (ruce v bok) nebo s jejich zapojením. Dle Walkera (2016) dosáhneme přibližně o 10 % lepší výsledek, jestliže jsou horní končetiny při CMJ zapojeny. Mezi další faktory, které nám mohou ovlivňovat hodnoty CMJ řadíme: flexi dolních končetin v letové fázi, hloubku podřepu před provedením odrazu, místo dopadu jiné než místo odrazu a individuální snaha o dosažení maximálního výskoku (Chapman, 2008; Walker, 2016).

Obrázek 4

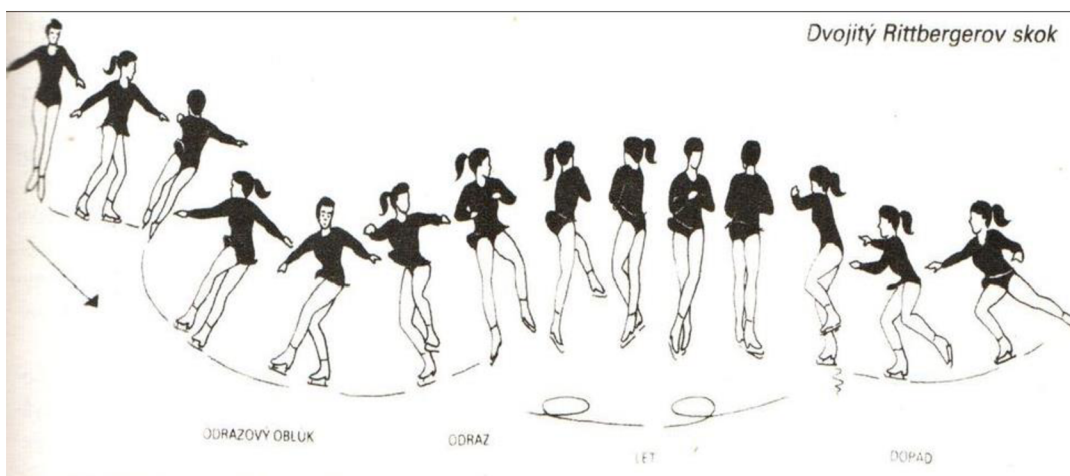
*Countermovement jump se zapojením horních končetin (Kuníková, 2020)*



V krasobruslení můžeme vidět modifikaci CMJ u všech druhů skoků s různou volbou rotací (od jednoduché až po čtvernou, 180° až 1440°). Krasobruslař se na ledě pohybuje ve vzpřímené pozici sice s pokrčenými koleny, ale těsně před skokem provede protipohyb s následným výskokem a rotací v letové fázi (Obrázek 5). Bez provedení tohoto protipohybu by krasobruslař nemohl dosáhnout svého maximálního výskoku a provedení skoku by bylo obtížnější.

Obrázek 5

Provedení dvojitého skoku rittberger (Dědič, 1972)

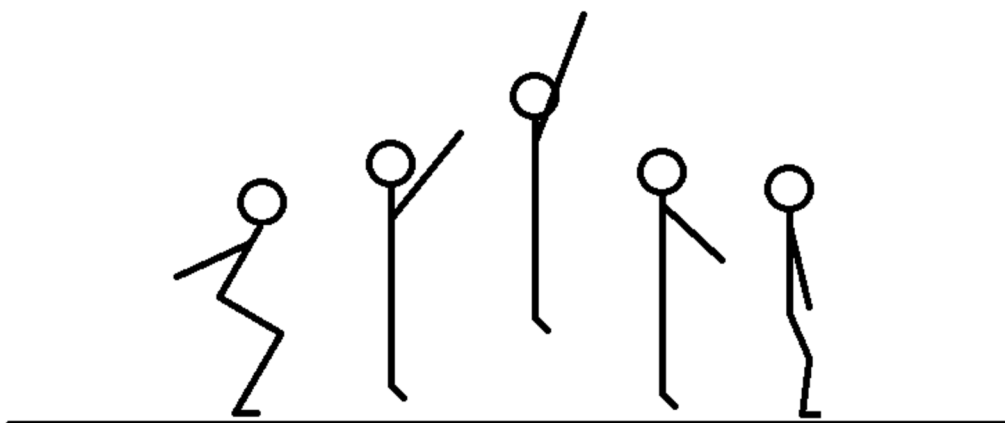


### Vertikální výskok bez protipohybu – squat jump – SJ

Při vertikálním skoku je maximální výška hodně ovlivněna mírou provedení protisměrného pohybu (Obrázek 6). U výskoku bez protipohybu v angličtině squat jump, je maximální výška nižší. Test je prováděn ze statické polohy, kdy má testovaná osoba úhel  $90^\circ$  v kolenou, chodidla jsou postavena na šíři boků. Z tohoto postavení následuje rychlý pohyb směrem vzhůru. Stejně jako u CMJ může i u skoku bez protipohybu testovaná osoba provádět test dvěma způsoby: bez zapojení horních končetin (ruce v bok) nebo se zapojením (Bobbert et al., 1996; Kuníková, 2020).

Obrázek 6

Squat jump se zapojením horních končetin (Kuníková, 2020)



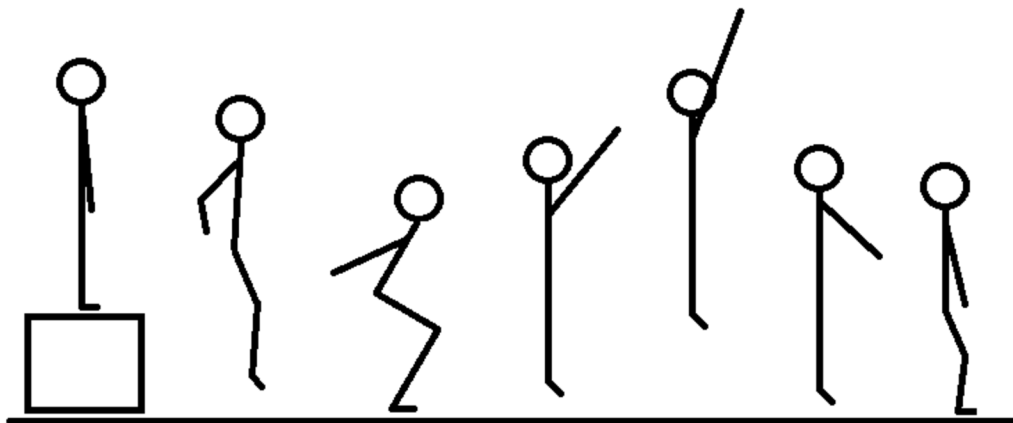
### *Vertikální skok po seskoku – drop jump – DJ*

Vertikální skok po seskoku, v angličtině drop jump, je využíván převážně v tréninkovém procesu sportovce (Obrázek 7). Trenéři tento druh výskoku využívají v neuromuskulárním tréninku, jako je např. plyometrie, kdy je právě drop jump nejčastějším cvikem pro dosažení maximálního vertikálního výskoku (Marshall & Moran, 2013).

Testovaná osoba stojí na vyvýšeném místě (lavička, bedna apod.). Ze vzpřímeného postoje jedinec seskočí a ihned po dopadu provede vertikální výskok. Mezi seskokem a následným odrazem není žádná pauza, vertikální výskok je proveden výbušně (Baca, 1999).

Obrázek 7

*Drop jump se zapojením horních končetin (Kuníková, 2020)*



## **2.5 Single leg test**

Vertikální výskok s odrazem a dopadem na jednu dolní končetinu je jeden z dynamických testů, který je odvozen od testů vertikálního skoku na dvou dolních končetinách. Provedení odrazu a dopadu u single leg jump testu je možné v mnoha variantách. Jedna z variant je zapojení horních končetin nebo jejich umístění na bok. Další z variant je provedení výskoku a doskoku z jedné dolní končetiny (single leg jump), nebo seskoku z vyvýšené plošiny na jednu končetinu a následný odraz a dopad (single leg drop jump) nebo výskok z dvou dolních končetin a následný dopad na jednu dolní končetinu. V této práci se zaměříme na dva testy: single leg jump a single leg drop jump,

které budou provedeny bez horních končetin (ruce v bok) a s pomocí horních končetin (Cohen et al., 2020; O'Connor, 2015).

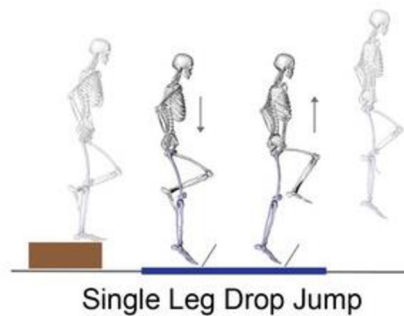
### *Single leg drop jump*

Jak z názvu vypovídá, jedná se o test odrazu a dopadu na stejné dolní končetině (Obrázek xy.). Ve studii Taylor, Nguyen & Shultz (2016) porovnávali biomechanické parametry při doskoku na jedné a dvou končetinách v sagitální a frontální rovině. Sportovní odvětví, které vyžaduje pohyb do stran nebo pohyby jako je doskok, otáčení, výskoky, má větší náchylnost k poranění předního zkříženého vazy (ACL) než ostatní sporty. Tento bezkontaktní mechanismus úrazu je hlavním faktorem také v krasobruslení, který zapříčiní poranění ACL u krasobruslařů (Taylor, Nguyen & Shultz, 2016).

Wang (2011) uvádí, že dopad na jednu končetinu může zvýšit riziko poranění ACL než dopad na dvě končetiny. Je to zapříčiněno především polohou dolních končetin během dopadu. Při doskoku na jedné noze studie byl zjištěn menší úhel flexe v kyčli a koleni než při doskoku na obě končetiny. Koleni se dostalo do valgózního postavení (Wang, 2011).

Obrázek 8

*Provedení single leg jump (Kotsifaki et al., 2022)*



## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Cílem práce je zhodnotit statickou a dynamickou rovnováhu u krasobruslařek různého věku.

### **3.2 Dílčí cíle**

- 1) Zhodnotit rozdíly ve statické a dynamické rovnováze mezi dominantní a nedominantní končetinou.
- 2) Posoudit rozdíly ve statické a dynamické rovnováze mezi mladšími a staršími krasobruslařkami.
- 3) Popsat individuální výsledky v testech statické a dynamické rovnováhy u jednotlivých krasobruslařek.

### **3.3 Hypotézy**

- 1) Posturální výchylky charakterizující úroveň statické rovnováhy jsou menší na dominantní (dopadové) končetině ve srovnání s nedominantní končetinou.
- 2) Doba stabilizace a posturální výchylky po seskoku charakterizující úroveň dynamické rovnováhy jsou menší na dominantní (dopadové) končetině.
- 3) Posturální výchylky charakterizující úroveň statické rovnováhy jsou menší u starších krasobruslařek ve srovnání s mladšími.
- 4) Doba stabilizace a posturální výchylky po seskoku charakterizující úroveň dynamické rovnováhy jsou menší u starších krasobruslařek ve srovnání s mladšími.

## 4 METODIKA

Práce se řadí mezi kvantitativní výzkum. Vzhledem k hlavnímu cíli diplomové práce byly měřeny dva parametry. Posturální stabilita na obou a následně na jedné dolní končetině, posturální stabilita po seskoku na obou a jedné dolní končetině. Než bylo samotné měření zahájeno, tak byl zákonným zástupcům podán informovaný souhlas, jeho kopie je uložena v přílohách v této diplomové práci. Etická komise FTK UP na předloženém návrhu výzkumu neshledala žádné rozpory s platnými zásadami etiky, směrnicemi a předpisy pro toto měření zahrnující lidské nezletilé účastníky a výzkum schválila. V příloze je přiloženo vyjádření Etické komise FTK UP.

V krasobruslařském klubu Nový Jičín je v současnosti registrováno 20 závodníků, výzkumu se zúčastnilo 11 závodníků. I přes to, že klub existuje pouze pár let a řadí se mezi ty kluby regionálně menší, je základna na náročnost sportu početná a dále se rozšiřuje. Závodníci se pravidelně účastní domácích soutěží v Poháru ČKS a klubových soutěží (projekt bruslička).

Krasobruslaři jsou rozděleni do skupin dle věku na kategorii přípravka, nováčci mladší, nováčci, nejmladší začky, mladší začky a začky. Během přechodného období se bruslaři věnují turistice v okolí Nového Jičina. V přípravném období probíhá suchá příprava mimo ledovou plochu, v letních měsících (červenec, srpen) se pravidelně účastní soustředění v Kravařích, Teplicích, Praze a taky v Novém Jičíně, kdy se závodníci připravují na další sezónu.

### 4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor tvořilo 11 závodnic z novojičínského klubu ve věkovém rozmezí 8-16 let. Všichni účastníci se pravidelně účastní soutěží Poháru ČKS ve své věkové kategorii od nováčků až po začky. Výběr testujících osob neměl žádná významná specifika, v hlavní roli nebyl věk, pohlaví, hmotnost, výška ani doba, po jakou se testující osoby věnují krasobruslení. Jediné kritérium bylo souhlas zákonných zástupců probandů a ochota zúčastnit se. Měření probíhalo na konci krasobruslařské sezóny 2022/2023.

## 4.2 Metody sběru dat

K měření byla využita silová plošina (Kistler Instrumente, Winterthur, Švýcarsko). V rámci testovaných úloh byl zaznamenán průběh změn jednotlivých složek reakční síly podložky (vertikální, anteroposteriorní, mediolaterální) a souřadnice počátku této síly (COP).

## 4.3 Průběh měření

Měření výzkumného souboru probíhalo na zimním stadionu v Novém Jičíně v prostorách posilovny. Místnost byla osvětlena standartním způsobem, všude je podlahová guma, takže přístroj byl na stabilní podlaze. Testování proběhlo v odpoledních hodinách mezi 16:00 – 18:00. Před samotným měřením proběhlo společné rozcvičení. Testované osoby k měření přistupovaly jednotlivě, po vyzvání a bez obutí ve sportovním oblečení. První byla u testované osoby určena dominantní dolní končetina testovou baterií dle Musálka (2012). Následovala ukázka, jak bude dané měření probíhat. Ve směru pohledu byl na zdi nalepený kříž, aby se probandovi lépe dívalo daným směrem. Testovaná osoba byla upozorněna na situace, kdy by měření bylo shledáno neplatným (např. dopomoc volnými končetinami, pohled jinam než před sebe, šlápnutí volnou nohou na plošinu apod.).

Před každým měřením testované osoby byla silová plošina zkalibrována. Po kalibraci si testovaná osoba na silovou plošinu stoupla a test byl zahájen. Po celou dobu měření měly testované osoby horní končetiny volně podél těla. Při testu na jedné dolní končetině měly měřené osoby volnou dolní končetinu podél stejné končetiny, mírně pokrčenou, vzájemně se končetiny nedotýkaly.

### *Hodnocení statické rovnováhy*

Testování statické rovnováhy bylo provedeno pomocí tří úloh. První úlohou byl stoj na obou dolních končetinách, poté na dominantní dolní končetině (DDK) a nakonec na nedominantní dolní končetině (NDK). V každých podmínkách byl test proveden třikrát.

### *Hodnocení rovnováhy po seskoku*

K hodnocení dynamické rovnováhy byl využit test udržení stability po seskoku. Seskok probíhal se vyvýšeného místa o výšce 30 cm nad podložkou, ruce v bok. Postupně

byla testována rovnováha po seskoku na obou končetinách a rovnováha po seskoku na pravé/ levé končetině.

#### **4.4 Zpracování dat**

U testů statické rovnováhy byly jako výstupní proměnné uvažovány proměnné směrodatná odchylka v anteroposteriorním a mediolaterálním směru.

U testu dynamické rovnováhy (seskok) byl jako výstupní proměnná zvolena Doba stabilizace po dopadu (TTS – Time to stabilization). Tento parametr je vypočítán jako rozdíl mezi okamžikem stabilizace a okamžikem dopadu. Okamžik stabilizace byl určen tak, že hodnota vertikální složky reakční síly se dostala do pásma odpovídající tíhové síle daného subjektu ve stoji  $\pm 5\%$  a zůstala tam po dobu nejméně 0,5 s (TTS 0,5 s) nebo 1 s (TTS 1 s). Okamžik dopadu byl určen jako okamžik, kdy došlo k překročení hodnoty 5 % tíhové síly působící ve stoji. Postup vycházel ze studie Ebben et al. (2010).

Dalšími hodnocenými proměnnými byly stabilita dopadu, která byla hodnocena jako směrodatná odchylka v intervalu od okamžiku stabilizace po 1, 2, nebo 3 s (SD1, SD2 a SD3).

#### **4.5 Statistické zpracování dat**

Data byla statisticky zpracována v programu Statistica (verze 13, Tibco software, Palo Alto, USA). Normalita rozložení dat byla posouzena pomocí testu Kolmogorov Smirnov. Data měla normální rozdělení. Po té byly vypočítány základní statistické charakteristiky průměr, směrodatná odchylka, medián, dolní a horní kvartil. Pro porovnání hodnot na dominantní a nedominantní končetině byl využit párový t test. Porovnání hodnot mezi skupinami různého věku bylo vzhledem k malým počtům osob ve skupinách provedeno pomocí Mann Whitney U testu. Hladina statistické významnosti byla stanovena na hladině  $\alpha = 0,05$ .



## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Rozdíl ve statické a dynamické rovnováze mezi dominantní a nedominantní končetinou

Vzhledem k tomu, že krasobruslařky provádí jejich skoky s dopadem vždy na stejnou dominantní končetinu, očekávali jsme, že při stožení na jedné končetině bude hrát roli, na které končetině závodnice stojí. Podobně u seskoku jsme očekávali, že nalezneme rozdíl mezi končetinami. Hodnoty variability pohybu v mediolaterálním (SD X) a anteroposteriorním (SD Y) směru ve stožení byly větší na nedominantní končetině, avšak rozdíl nebyl ani v jednom případě statisticky významný (Tabulka 1.).

Tabulka 1. Statická rovnováha na dominantní a nedominantní končetině

Parametr	NDK		DDK		Hladina p
	Průměr	SD	Průměr	SD	
SD X [mm]	6,5	1,2	8,1	4,3	0,188
SD Y [mm]	8,6	2,1	9,2	3,6	0,437

*Poznámka: SD – směrodatná odchylka, SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, NDK – nedominantní dolní končetina, DDK – dominantní dolní končetina.*

Porovnání hodnot při hodnocení dynamické rovnováhy při seskoku také neukázalo žádný statisticky významný rozdíl mezi dominantní a nedominantní končetinou (Tabulka 2, Tabulka 3). Výsledky však naznačují lepší stabilitu dopadu (nižší hodnoty) u dominantní končetiny. U doby TTS záleží na tom, jakou dobu musely závodnice vydržet v daném pásmu. U intervalu 1 s byly rozdíly mezi končetinami zanedbatelné, u intervalu 0,5 s byly hodnoty nižší na dominantní končetině.

Tabulka 2. Doba stabilizace po dopadu na dominantní a nedominantní končetině

Parametr	NDK		DDK		Hladina p
	Průměr	SD	Průměr	SD	
TTS (1 s)	1,36	0,63	1,38	0,43	0,946
TTS (0,5 s)	1,14	0,48	1,02	0,25	0,501

*Poznámka: TTS 1 s – stabilizace po dopadu v trvání 1 s, TTS 0,5 s – stabilizace po dopadu v trvání 0,5 s, NDK – nedominantní dolní končetina, DDK – dominantní dolní končetina, ODK – obě dolní končetiny.*

Tabulka 3. Stabilita dopadu na dominantní a nedominantní končetině

Parametr	NDK		DDK		Hladina p
	Průměr	SD	Průměr	SD	
SD (1 s)	35,01	17,11	28,61	17,21	0,346
SD (2 s)	8,88	5,54	7,47	4,76	0,546
SD (3 s)	6,04	2,65	4,78	1,67	0,218

Poznámka: SD 1 s – stabilita dopadu po 1 s, SD 2 s – stabilita dopadu po 2 s, SD 3 s – stabilita dopadu po 3 s, NDK – nedominantní dolní končetina, DDK – dominantní dolní končetina, ODK – obě dolní končetiny, TTS – stabilizace po dopadu..

## 5.2 Vliv věku na statickou a dynamickou rovnováhu

Předpokládali jsme, že starší krasobruslařky budou mít lepší statickou rovnováhu ve srovnání s mladšími krasobruslařkami. Naše výsledky ukázaly, že posturální výchylky jsou ve všech případech menší u starších krasobruslařek, avšak rozdíl je významný pouze v mediolaterální směru při stoji na dominantní končetině a při stoji na obou končetinách (Tabulka 4.).

Tabulka 4. Statická rovnováha u mladších a starších krasobruslařek

Končetina	Parametr	8 až 10 let			14 až 16 let			Hladina p
		Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	
NDK	SD X [mm]	7,1	6,3	7,1	6,0	5,4	7,1	0,537
	SD Y [mm]	9,4	8,5	10,0	7,4	5,5	10,7	0,247
DDK	SD X [mm]	8,4	7,3	14,8	5,7	5,1	6,3	0,009
	SD Y [mm]	9,5	8,9	11,9	7,7	5,7	9,1	0,177
ODK	SD X [mm]	6,1	5,2	8,5	3,9	2,8	4,7	0,030
	SD Y [mm]	6,5	4,4	8,2	5,0	4,0	6,7	0,429

Poznámka: SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, NDK – nedominantní dolní končetina, DDK – dominantní dolní končetina, ODK – obě dolní končetiny.

Očekávali jsme, podobně jako u rovnováhy, že starší krasobruslařky budou mít lepší stabilizaci po dopadu ve srovnání s mladšími krasobruslařkami. Záleželo na tom, po jakou dobu musely závodnice vydržet v daném pásmu. Výsledky ukázaly, že doba stabilizace po dopadu ukazuje meší hodnoty u starších krasobruslařek, ale významný je pouze rozdíl u intervalu TTS (1 s) na dominantní končetině (Tabulka 5.).

Tabulka 5. Doba stabilizace po dopadu u mladších a starších krasobruslařek

Končetina	Parametr	Medián	8 až 10 let		14 až 16 let		Hladina p	
			Dolní kvartil	Horní kvartil	Medián	Dolní kvartil		Horní kvartil
NDK	TTS (1 s)	1,65	1,56	2,23	0,81	0,60	1,38	0,052
	TTS (0,5 s)	1,29	1,17	1,58	0,81	0,60	1,13	0,177
DDK	TTS (1 s)	1,74	1,69	1,78	0,97	0,85	1,33	0,004
	TTS (0,5 s)	1,17	0,91	1,19	0,88	0,85	1,04	0,329
ODK	TTS (1 s)	0,65	0,62	0,69	0,78	0,64	0,96	0,429
	TTS (0,5 s)	0,65	0,62	0,69	0,78	0,64	0,96	0,429

Poznámka: TTS 1 s – stabilizace po dopadu v trvání 1 s, TTS 0,5 s – stabilizace po dopadu v trvání 0,5 s, NDK – nedominantní dolní končetina, DDK – dominantní dolní končetina, ODK – obě dolní končetiny.

Domnívali jsme se, že starší krasobruslařsky budou mít lepší stabilitu dopadu na dominantní končetinu. U hodnocení dynamické rovnováhy při dopadu u mladších a starších krasobruslařek nalezneme menší hodnoty stability dopadu u mladších krasobruslařek, ale nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Můžeme ovšem vidět, že jsou u mladších i starších krasobruslařek celkově lepší (nižší) hodnoty stability dopadu na dominantní končetinu.

Tabulka 6. Stabilita dopadu u mladších a starších krasobruslařek

Končetina	Parametr	Medián	8 až 10 let		14 až 16 let		Hladina p	
			Dolní kvartil	Horní kvartil	Medián	Dolní kvartil		Horní kvartil
NDK	SD (1 s)	34,22	17,50	35,85	36,67	25,25	44,24	0,537
	SD (2 s)	5,72	5,25	8,77	7,86	5,18	16,61	0,792
	SD (3 s)	6,59	6,54	7,58	4,62	3,49	6,72	0,429
DDK	SD (1 s)	12,39	10,85	28,09	30,35	24,63	35,33	0,329
	SD (2 s)	5,08	5,05	6,71	6,28	5,25	8,87	0,329
	SD (3 s)	4,30	3,46	5,18	4,18	3,99	7,60	0,931
ODK	SD (1 s)	27,00	25,76	38,84	40,45	27,29	55,03	0,247
	SD (2 s)	2,08	1,83	2,60	2,39	2,13	2,79	0,429
	SD (3 s)	1,87	1,73	2,39	2,08	1,94	2,38	0,429

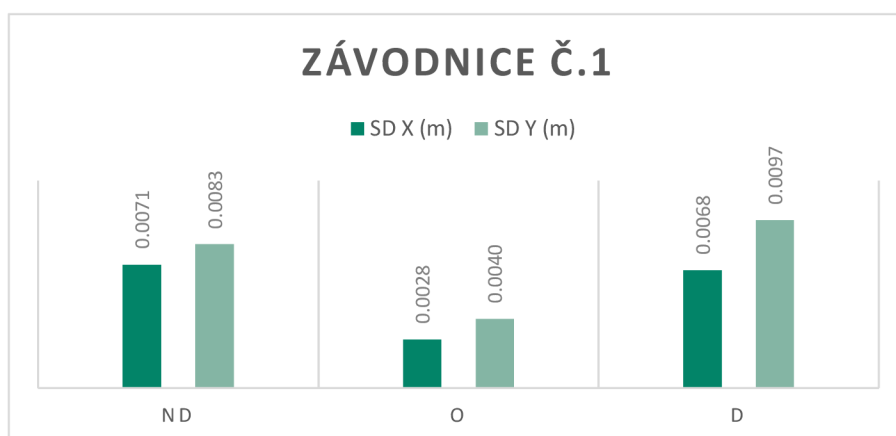
Poznámka: SD 1 s – stabilita dopadu po 1 s, SD 2 s – stabilita dopadu po 2 s, SD 3 s – stabilita dopadu po 3 s, NDK – nedominantní dolní končetina, DDK – dominantní dolní končetina, ODK – obě dolní končetiny.

### 5.3 Individuální hodnocení krasobruslaře v posturální stabilitě a poseskoku

#### Závodnice č.1. – 15 let

Závodnice č. 1 se krasobruslení věnuje 9 let. Její dominantní končetina je pravá. Očekávali jsme, že i rovnováha a stabilita po dopadu bude mít lepší hodnoty na pravé dominantní končetině. U závodnice můžeme vidět, že jsou větší výchyly ve směru anteroposteriorním na dominantní končetině (Graf 1.). Tyto výchyly mohou mít souvislost s vyššími hodnotami u testu zaměřeného na dobu stabilizace po dopadu a stabilitu dopadu také u dominantní končetiny (Tabulka 7.).

Graf 1. Hodnocení rovnováhy závodnice č. 1



Tabulka 7. Měření doby stabilizace a stability dopadu

Věk. Sk.	Domina nce	kg	TTS (1 s)_ND	SD (3 s)_ND	TTS (1 s)_D	SD (3 s)_D	TTS (1 s)_O	SD (3 s)_O
14 až 16	P	60,7	0,6	6,7	1,3	7,6	0,6	1,9

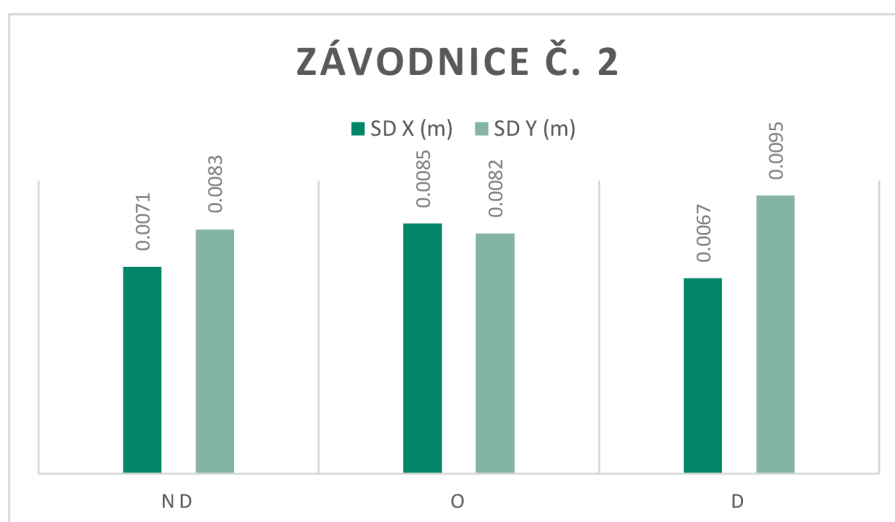
*Poznámka: SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, ND – nedominantní končetina, O – obě končetiny, D – dominantní končetina, TTS – čas stabilizace po dopadu, SD – stabilita po dopadu.*

#### Závodnice č. 2. – 14 let

Závodnice č. 2 se krasobruslení věnuje 8 let. Její dominantní končetina je pravá. Očekávali jsme, že rovnováha i stabilita po dopadu bude mít lepší hodnoty na dominantní pravé končetině. Z hodnot hodnocení rovnováhy můžeme naopak vidět, že na dominantní

končetině má závodnice větší výchylky ve směru anteroposteriorním než na nedominantní končetině (Graf 2.). Také u stability dopadu má dominantní končetina větší hodnoty v porovnání s nedominantní končetinou (Tabulka 8).

Graf 2. Hodnocení rovnováhy závodnice č. 2



Tabulka 8. Měření doby stabilizace a stability dopadu

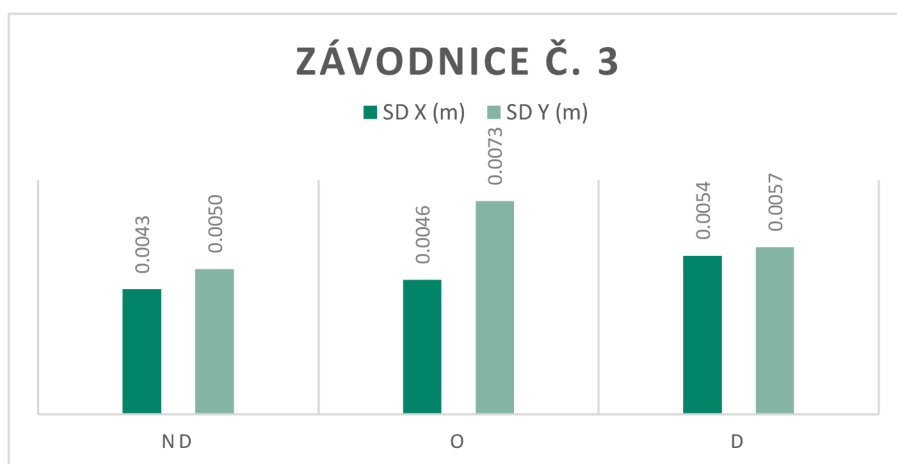
Věk skupina	Domina nce	kg	TTS (1 s) ND	SD (3 s) ND	TTS (1 s) D	SD (3 s) D	TTS (1 s) O	SD (3 s) O
14 až 16	P	60,2	0,6	2,6	0,9	4,1	0,7	2,1

Poznámka: SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, ND – nedominantní končetina, O – obě končetiny, D – dominantní končetina, TTS – čas stabilizace po dopadu, SD – stabilita po dopadu.

### Závodnice č. 3. – 14 let

Závodnice č. 3. se krasobruslení věnuje 8 let. Její dominantní končetina je levá, ačkoli její dopadová končetina je pravá. U této závodnice jsme nevěděli, která končetina by mohla být považována za „lepší“. Z grafu můžeme vidět minimální výchylky ve směru anteroposteriorním i mediolaterálním na dominantní levé končetině (Graf 3.). U TTS vidíme nižší hodnotu na dominantní končetině, což souhlasí s hodnoty lepší rovnováhy na dominantní končetině. Ovšem u stability dopadu jsou hodnoty na nedominantní končetině skoro 2x menší než na dominantní, což považujeme za lepší výsledek, protože dopad ze skoku je na nedominantní pravou končetinu (Tabulka 9).

Graf 3. Hodnocení rovnováhy závodnice č. 3



Tabulka 9. Měření doby stabilizace a stability dopadu

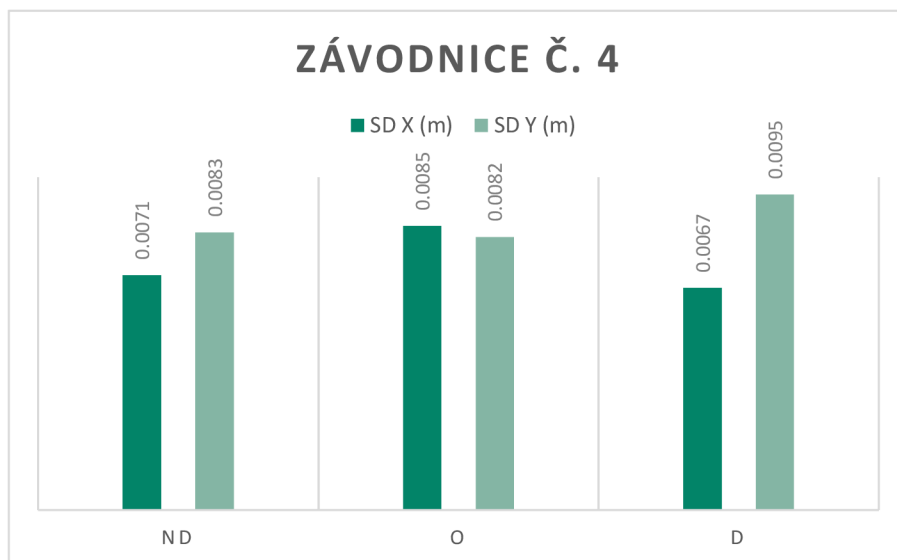
Věk skupina	Dominance	kg	TTS (1 s) ND	SD (3 s) ND	TTS (1 s) D	SD (3 s) D	TTS (1 s) O	SD (3 s) O
14 až 16	L	48,8	1,4	4,8	0,9	8,0	1,0	2,7

Poznámka: SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, ND – nedominantní končetina, O – obě končetiny, D – dominantní končetina, TTS – čas stabilizace po dopadu, SD – stabilita po dopadu.

#### Závodnice č. 4. – 14 let

Závodnice č. 4. se krasobruslení věnuje 8 let. Její dominantní končetina je pravá. V hodnocení rovnováhy na dominantní končetině se vyskytují výchylky ve směru anteroposteriorním (Graf 4.). Tyto výchylky mohou mít souvislosti s vyššími hodnotami TTS na dominantní končetině (Tabulka 10.).

Graf 4. Hodnocení rovnováhy závodnice č. 4



Tabulka 10. Měření doby stabilizace a stability dopadu

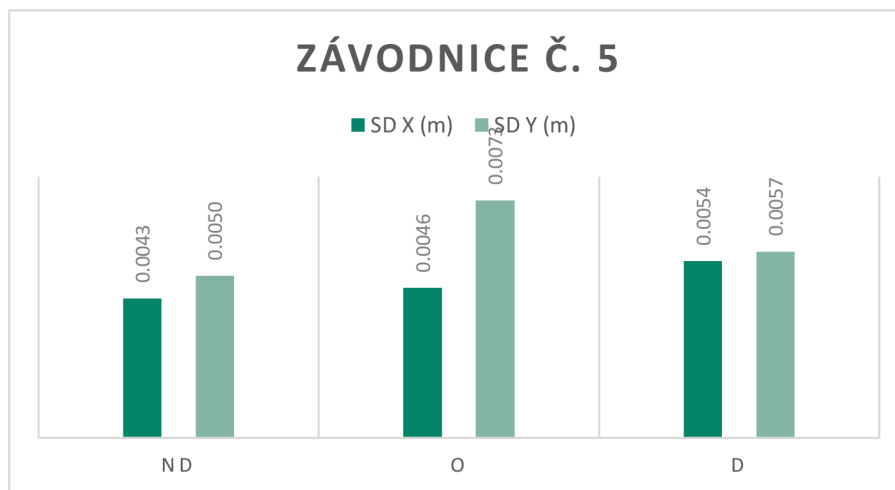
Věk skupina	Domina nce	kg	TTS (1 s) ND	SD (3 s) ND	TTS (1 s) D	SD (3 s) D	TTS (1 s) O	SD (3 s) O
14 až 16	L	48,0	0,6	3,5	1,6	4,0	1,0	2,4

Poznámka: *SD X* – mediolaterální směr, *SD Y* – anteroposteriorní směr, *ND* – nedominantní končetina, *O* – obě končetiny, *D* – dominantní končetina, *TTS* – čas stabilizace po dopadu, *SD* – stabilita po dopadu

Závodnice č. 5. – 15 let

Závodnice č. 5. se krasobruslení věnuje 9 let. Její dominantní končetina je pravá. U této závodnice se u měření rovnováhy shoduje naše očekávání, že bude mít na dominantní končetině žádné, popřípadě malé výchylky v směrech anteroposteriorním a mediolaterálním (Graf 5). Také u hodnot doby stabilizace a stabilita po dopadu jsou hodnoty dominantní končetiny dvakrát – třikrát menší, což očekávání potvrzuje (Tabulka 11.).

Graf č. 5 Hodnocení rovnováhy závodnice č. 5



Tabulka 11. Měření doby stabilizace a stability dopadu

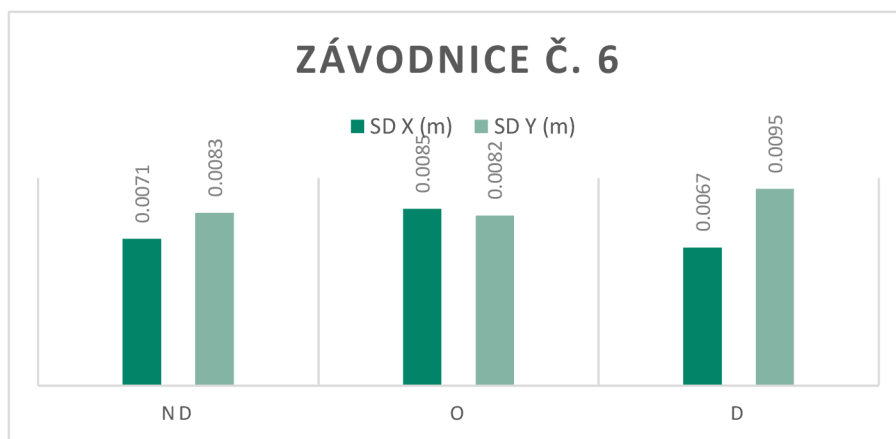
Věk skupina	Domina nce	kg	TTS (1 s) ND	SD (3 s) ND	TTS (1 s) D	SD (3 s) D	TTS (1 s) O	SD (3 s) O
14 až 16	P	56,0	2,0	12,0	0,7	4,3	0,8	1,9

Poznámka: *SD X* – mediolaterální směr, *SD Y* – anteroposteriorní směr, *ND* – nedominantní končetina, *O* – obě končetiny, *D* – dominantní končetina, *TTS* – čas stabilizace po dopadu, *SD* – stabilita po dopadu.

### Závodnice č. 6. – 15 let

Závodnice č. 6. se krasobruslení věnuje 9 let. Její dominantní končetina je pravá. Očekávali jsme lepší hodnocení statické rovnováhy na dominantní končetině, ale dle výsledků jsou menší výchylky rovnováhy na nedominantní končetině (Graf č. 6). U hodnot stabilizace po dopadu má závodnice stejné hodnoty jak na dominantní tak nedominantní končetině, což je preferováno, protože na nedominantní končetině točí piruety (Tabulka 12.).

Graf č. 6 Hodnocení rovnováhy závodnice č. 6



Tabulka 12. Měření doby stabilizace a stability dopadu

Věk skupina	Dominance	kg	TTS (1 s)_ND	SD (3 s)_ND	TTS (1 s)_D	SD (3 s)_D	TTS (1 s)_O	SD (3 s)_O
14 až 16	L	50,9	1,0	4,5	1,1	3,1	0,6	2,0

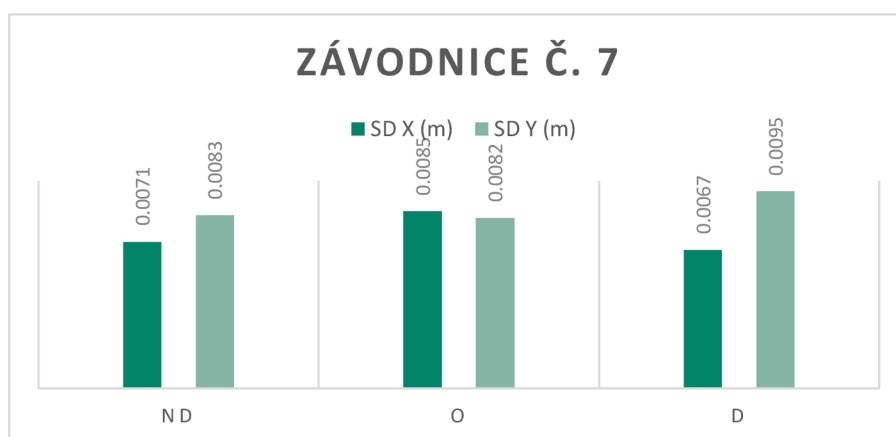
*Poznámka: SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, ND – nedominantní končetina, O – obě končetiny, D – dominantní končetina, TTS – čas stabilizace po dopadu, SD – stabilita po dopadu.*

### Závodnice č. 7. – 10 let

Závodnice č. 7. se krasobruslení věnuje 5 let. Její dominantní končetina je pravá. I tato závodnice má u dominantní končetiny ve statické rovnováze větší výchylky anteroposteriorním směru (Graf č. 7). U stabilizace po dopadu máme dvakrát nižší hodnoty u dominantní končetiny, což může být pro závodnici „silná“ stránka, protože její dominantní končetina je také dopadová končetina (Tabulka 13.).



Graf č. 7 Hodnocení rovnováhy závodnice č. 7



Tabulka 13. Měření doby stabilizace a stability dopadu

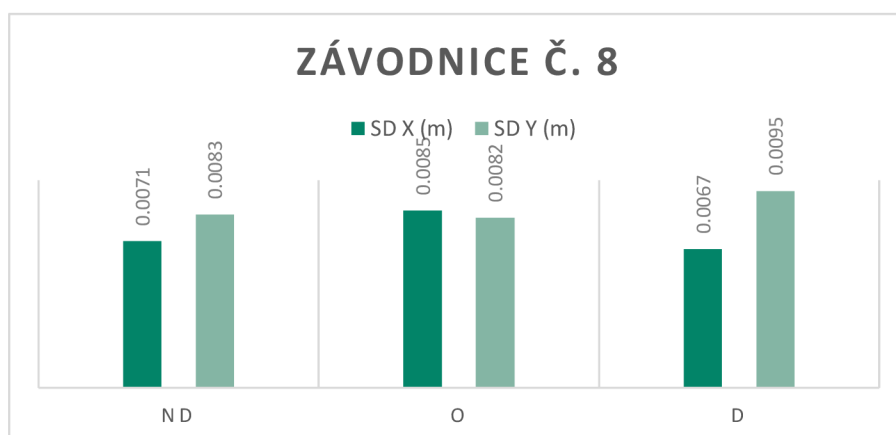
Věk skupina	Domina nce	kg	TTS (1 s) ND	SD (3 s) ND	TTS (1 s) D	SD (3 s) D	TTS (1 s) O	SD (3 s) O
8 až 10	P	34,1	2,2	7,6	1,7	3,5	0,7	1,6

*Poznámka: SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, ND – nedominantní končetina, O – obě končetiny, D – dominantní končetina, TTS – čas stabilizace po dopadu, SD – stabilita po dopadu.*

#### Závodnice č. 8. – 8 let

Závodnice č. 8. se krasobruslení věnuje 3 roky. Její dominantní končetina je levá, ale dopadová končetina je pravá. Očekávali jsme hodnoty s menšími výchylkami na dominantní i nedominantní končetině, ovšem jak můžeme vidět, jsou výchylky ve směru anteroposteriorním u obou těchto končetinách (Graf č. 8). U měření doby stabilizace bychom předpokládali lepší výsledky na nedominantní končetině, která je dopadová. Výsledky nám ukazují opak (Tabulka 14.).

Graf č. 8 Hodnocení rovnováhy závodnice č. 8



Tabulka 14. Měření doby stabilizace a stability dopadu

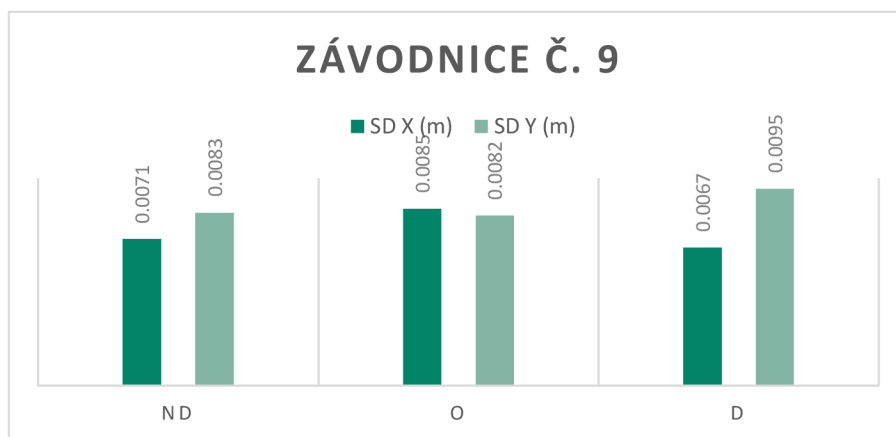
Věk skupina	Domina nce	kg	TTS (1 s)_ND	SD (3 s)_ND	TTS (1 s)_D	SD (3 s)_D	TTS (1 s)_O	SD (3 s)_O
8 až 10	L	30,2	1,6	6,5	1,8	5,2	0,6	2,5

Poznámka: SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, ND – nedominantní končetina, O – obě končetiny, D – dominantní končetina, TTS – čas stabilizace po dopadu, SD – stabilita po dopadu.

#### Závodnice č. 9. – 8 let

Závodnice č. 9. se krasobruslení věnuje 4 roky. Její dominantní končetina je pravá, ale dopadová končetina je levá, tedy pro závodnici nedominantní končetina. Očekávali jsme nižší výchylky v hodnocení rovnováhy na nedominantní končetině. Ve výsledcích vykazuje závodnice nižší výchylky na nedominantní končetině, ale pro ni dopadová (Graf č. 9). Také hodnoty naměřené jsou u závodnice s nižšími hodnotami u nedominantní končetiny, což koreluje se zjištěním, že má závodnice nedominantní končetinu jako dopadovou, takže jsou tyto hodnoty přijatelné (Tabulka 15.).

Graf č. 9 Hodnocení rovnováhy závodnice č. 9



Tabulka 15. Měření doby stabilizace a stability dopadu

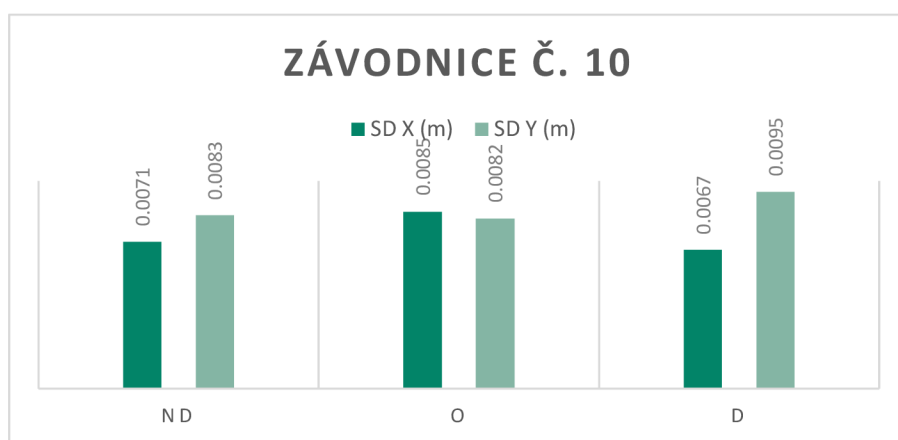
Věk skupina	Domina nce	kg	TTS (1 s)_ND	SD (3 s)_ND	TTS (1 s)_D	SD (3 s)_D	TTS (1 s)_O	SD (3 s)_O
8 až 10	P	25,6	1,2	3,7	1,7	4,3	1,1	1,9

Poznámka: SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, ND – nedominantní končetina, O – obě končetiny, D – dominantní končetina, TTS – stabilizace po dopadu, SD – stabilita po dopadu.

### Závodnice č. 10. – 8 let

Závodnice č. 10. se krasobruslení věnuje 3 roky. Její dominantní končetina je pravá. Očekávali jsme, že i rovnováha a stabilita po dopadu bude mít lepší hodnoty na pravé dominantní končetině. Ovšem u závodnice můžeme vidět, že jsou větší výchylky ve směru anteroposteriorním na dominantní končetině (Graf 10.). v hodnocení doby stabilizace a stability dopadu jsou hodnoty dominantní dopadové končetiny nižší. Můžeme tedy předpokládat lepší dynamickou rovnováhu.

Graf č. 10 Hodnocení rovnováhy závodnice č. 10



Tabulka 16. Měření doby stabilizace a stability dopadu

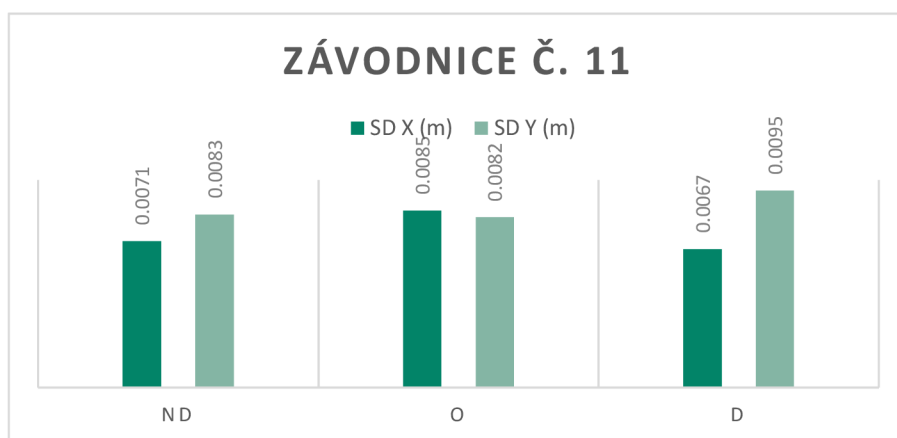
Věk skupina	Domina nce	kg	TTS (1 s) ND	SD (3 s) ND	TTS (1 s) D	SD (3 s) D	TTS (1 s) O	SD (3 s) O
8 až 10	P	20,8	2,3	7,9	1,7	3,1	0,7	1,7

*Poznámka: SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, ND – nedominantní končetina, O – obě končetiny, D – dominantní končetina, TTS – stabilizace po dopadu, SD – stabilita po dopadu.*

### Závodnice č. 11. – 10 let

Závodnice č. 11. se krasobruslení věnuje 6 let. Její dominantní končetina je pravá. I přes věk, kdy očekáváme rovnováhu na lepší úrovni, má závodnice na dominantní dopadové končetině větší výchylky ve statickém držení (Graf č. 11). V hodnotách stability po dopadu vykazuje dominantní dopadová končetina lepší hodnoty, tím můžeme předpokládat stabilnější dynamickou rovnováhu při výjezdovém oblouku ve skoku (Tabulka 17.).

Graf č. 11 Hodnocení rovnováhy závodnice č. 11



Tabulka 17. Měření doby stabilizace a stability dopadu

Věk skupina	Dominance	kg	TTS (1 s) ND	SD (3 s) ND	TTS (1 s) D	SD (3 s) D	TTS (1 s) O	SD (3 s) O
8 až 10	P	36,0	1,6	6,6	1,9	5,4	0,5	2,4

*Poznámka: SD X – mediolaterální směr, SD Y – anteroposteriorní směr, ND – nedominantní končetina, O – obě končetiny, D – dominantní končetina, TTS – čas na stabilizaci, SD – stabilita po dopadu.*

## 6 DISKUZE

Rovnováha je jeden z důležitých aspektů výkonu v řadě sportovních odvětví. K udržení rovnováhy během pohybů na ledě je u krasobruslařek potřebná vysoká úroveň posturální kontroly (Brachman et al., 2017). Kvůli úzké opěrné ploše na krasobruslařské brusli, jsou požadavky na udržení rovnováhy zvýšené (Zemková, 2014). Přestože je význam rovnováhy u krasobruslařek nesporný, neexistuje jasná metodika testování rovnováhy, které by umožnilo rozpoznat, zda se má krasobruslařka věnovat tréninku rovnováhy nad rámec běžného krasobruslařského tréninku. Ve vědeckých studiích je rovnováha často hodnocena ve stoji na obou nebo jedné končetině (Andreeva et al., 2021; Kovacs et al., 2004). Aby docházelo k optimálnímu rozvoji rovnováhy, musíme brát ohledy na všechny senzomotorické zdroje informací, k nimž řadíme systém vizuální, vestibulární a somatosenzorický (Alves et al., 2013). V hodnocení a rozvoji rovnováhy musíme brát zřetel také na věk a pohlaví. Ukázalo se, že dívky vykazují lepší posturální stabilitu než chlapci (Roggia, 2010). Studie ukazují, že kritický věk v motorickém vývoji s ohledem na rovnováhu je mezi 8 – 9. rokem života (Alves et al., 2013; Assaiante, 1998).

Věkové rozmezí účastníků našeho výzkumného šetření bylo od 8 – 16 let. Výsledky výzkumu ukázaly, že posturální výchylky jsou ve všech případech menší u starších krasobruslařek (14 – 16 let), avšak rozdíl je významný pouze v mediolaterálním směru při statickém stoji na dominantní končetině a při stoji na obou končetinách. V hodnocení dynamické rovnováhy výsledky ukázaly, že doba stabilizace po dopadu je menší u starších krasobruslařek, ale významný je pouze rozdíl u parametru TTS (1 s) na dominantní končetině. Při dopadu u mladších a starších krasobruslařek nalezneme menší hodnoty parametrů charakterizujících stabilitu dopadu u mladších krasobruslařek, ale nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

Vzhledem k tomu, že krasobruslařky provádí skoky vždy s dopadem na jednu končetinu, zaměřili jsme se ve výzkumu také na hodnocení rozdílů ve statické a dynamické rovnováze na dominantní a nedominantní končetině. Variabilita pohybu charakterizující statickou rovnováhu v mediolaterálním a anteroposteriorním směru ve stoji byla větší na nedominantní končetině, avšak rozdíl nebyl ani v jednom případě statisticky významný. Porovnání hodnot při hodnocení dynamické rovnováhy při seskoku také neukázalo žádný statisticky významný rozdíl mezi dominantní a nedominantní končetinou. Výsledky však naznačují lepší stabilitu dopadu u dominantní končetiny.

Saunders et.al. (2012) naznačují, že mezi úrovní krasobruslaře a hodnotami CoP a TTS neexistuje významný vztah. Tito autoři uvádějí, že hlavním rozdílem charakterizujícím úroveň krasobruslaře je počet rotací ve vzduchu během skoku, nikoli skok samotný. Je tedy možné, že testy provedené ve studii i v naší práci jsou málo specifické pro krasobruslaře.

V hodnotách TTS vykazovaly kratší čas starší krasobruslařky bruslicí delší časové období. Ve studii od Saunders et al. (2014), ve které byl prováděn doskok naboso a měřeny hodnoty TTS mezi krasobruslaři a nekrasobruslaři, byly hodnoty TTS významně delší u krasobruslařů, což autoři považovali za výhodu. Z tohoto pohledu se zdá, že cílem krasobruslaře nemusí být, co nejrychlejší stabilizace na místě, ale spíše plynulý dopad ve výjezdovém oblouku.

Při porovnání posturální stability krasobruslařů se sportovci v jiných esteticko-koordinčních sportech (gymnastika) nebo baletními tanečnicemi se ukazuje srovnatelná úroveň posturální stability (Andreeva et.al., 2021).

## **6.1 Vyjádření k hypotézám**

První dvě hypotézy se nepodařilo prokázat, tedy výsledky ukazují, že posturální výchyly charakterizující úroveň statické rovnováhy a doba stabilizace a posturální výchyly po seskoku charakterizující úroveň dynamické rovnováhy se mezi končetinami významně neliší.

Třetí hypotézu přijímáme, avšak pouze pro stabilitu v medio-laterální směru. Posturální výchyly byly u starší skupiny významně menší ve srovnání s mladšími krasobruslařkami.

Čtvrtou hypotézu přijímáme, avšak pouze pro dopad na dominantní končetinu a parametr doba stabilizace. U starších krasobruslařek byla doba stabilizace významně kratší ve srovnání s mladšími krasobruslařkami.

## **6.2 Limity studie**

Do limitů naší studie patří zejména poměrně malý výzkumný soubor. Dalším limitem naší studie by mohlo být období, kdy byl výzkum realizován. Měření probíhalo měsíc před ukončení sezóny 2022/2023, což vedlo k menšímu počtu účastníků z důvodu vyšší zranitelnosti vlivem dlouhodobé zátěže.

## 7 ZÁVĚRY

Předložená diplomová práce se zabývá hodnocením statické a dynamické rovnováhy u krasobruslařek různého věku. Výzkumný soubor tvořilo 11 závodnic z novojičínského klubu ve věkovém rozmezí 8-16 let.

Ve výsledcích v porovnání statické a dynamické rovnováhy v rámci celého zkoumaného souboru jsme nenašli významný rozdíl mezi dominantní a nedominantní končetinou. U starších krasobruslařek výsledky naznačují stabilnější dopad na dominantní končetině.

Při porovnání skupin krasobruslařek různého věku jsme zjistili u starších krasobruslařek lepší stabilitu ve stoji i po dopadu.

Individuální hodnocení rovnováhy krasobruslařek ukázalo poměrně velké interindividuální rozdíly.

## 8 SOUHRN

Hlavním cílem této práce bylo porovnat statickou a dynamickou rovnováhu u krasobruslařek různého věku. Mezi dílčí cíle práce jsme zařadili zhodnotit rozdíly ve statické a dynamické rovnováze mezi dominantní a nedominantní končetinou, posoudit rozdíly ve statické a dynamické rovnováze mezi mladšími a staršími krasobruslařkami a popsat individuální výsledky v testech statické a dynamické rovnováhy u jednotlivých krasobruslařek.

V teoretické části práce jsme se věnovali krasobruslení a spojitostí tohoto sportu se zapojením svalových skupin při odrazu. Dále jsme se zaměřili na charakteristiku motorických dovedností a schopností, definovali jsme si pojem motorická koordinační schopnost – rovnováha. Následně jsme provedli rešerši na pojmy, jako jsou posturální stabilita, stabilita, dynamická a statická rovnováha a rovnováha u krasobruslařů. V závěru teoretické části se věnujeme vertikálnímu odrazu, pomocí kterého byla dynamická rovnováha hodnocena.

V praktické části výzkumu jsme se věnovali testování a hodnocení statické a dynamické rovnováhy u krasobruslařek ve věku 8 – 16 let. Měření rovnováhy se zúčastnilo 11 závodnic, kdy byla použita silová plošina (Kistler Instrumente, Winterthur, Švýcarsko). V rámci testovaných úloh byl zaznamenán průběh změn jednotlivých složek reakční síly podložky (vertikální, anteroposteriorní, mediolaterální) a souřadnice počátku této síly. Testování statické rovnováhy bylo provedeno pomocí tří úloh. První úlohou byl stoj na obou dolních končetinách, poté na dominantní dolní končetině a nakonec na nedominantní dolní končetině. V každých podmínkách byl test proveden třikrát. K hodnocení dynamické rovnováhy byl využit test udržení stability po seskoku. Seskok probíhal se vyvýšeného místa o výšce 30 cm nad podložkou, ruce v bok. Postupně byla testována rovnováha po seskoku na obou končetinách a rovnováha po seskoku na pravé/levé končetině. Výsledky byly statisticky zpracovány v programu Statistica.

Výsledky neukázaly rozdíly ve statické a dynamické rovnováze mezi dominantní a nedominantní končetinou. Efekt věku byl významný pouze v porovnání hodnot dynamické rovnováhy po seskoku vykazovaly krasobruslařsky stabilnější dopad na dominantní končetině. V porovnání věku jsme naměřili u starších krasobruslařek lepší stabilitu pouze na dominantní končetině a obou končetinách. Ve výsledcích stabilizace po dopadu jsme naměřili nižší hodnoty na dominantní končetině než nedominantní končetině.



## 9 SUMMARY

The main goal of this thesis was to compare the static and dynamic balance of female figure skaters of different ages. Among the sub-goals of the work, we included the evaluation of the differences in static and dynamic balance between the dominant and non-dominant lower limb, the assessment of the difference in static and dynamic balance between younger and older figure skaters, and to describe individual test results in static and dynamic balance tests for individual figure skaters.

In the theoretical part, we were focused on the figure skating and its association with muscle activity during take-off. Further we described motor skills and abilities, postural stability, and at the end of this section we summarized the findings about vertical rebound topic. Then we conducted a search for terms such as postural stability, stability, dynamic and static balance, and balance in figure skaters. At the end of the theoretical part, we focus on the vertical jump, with the help of which the dynamic balance was evaluated.

In the practical part of the research, we focused on testing and evaluating static and dynamic balance in figure skaters aged 8-16. Eleven female competitors took part in the balance measurement, when a force platform was used (Kistler Instrumente, Winterthur, Švýcarsko). As part of the tested tasks, the course of changes in the individual components of the ground reaction force (vertical, anteroposterior, mediolateral) and centre of pressure coordinates were recorded. Static balance testing was performed using three tasks. The first task was standing on both lower limbs, then on the dominant lower limb and finally on the non-dominant lower limb. In each condition, the test was performed three times. A test of maintaining stability after a jump was used to assess dynamic balance. A test of maintaining stability after a jump was used to assess dynamic balance. The jump took place from an elevated place 30 cm above the mat, hands on the hips. Balance after jumping on both limbs and balance after jumping on the right/left limb were successively tested. The results were statistically processed in the Statistica program.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Albert, W. J., & Miller, D. I. (1996). Takeoff characteristics of single and double axel figure skating jumps. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(1), 72-87.
- Alves, R. F., Rossi, A. G., Pranke, G. I., & Lemos, L. F. C. (2013). Influência do gênero no equilíbrio postural de crianças com idade escolar. *Revista CEFAC*, 15, 528-537.
- Andreeva, A., Melnikov, A., Skvortsov, D., Akhmerova, K., Vavaev, A., Golov, A., ... & Zemková, E. (2021). Postural stability in athletes: The role of sport direction. *Gait & posture*, 89, 120-125.
- Assaiante, C. (1998). Development of locomotor balance control in healthy children. *Neuroscience & biobehavioral reviews*, 22(4), 527-532.
- Baca, A. (1999). A comparison of methods for analyzing drop jump performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(3), 437-442.
- Bizovská, L., Janura, M., Míková, M., & Svoboda, Z. (2017). *Rovnováha a možnosti jejího hodnocení*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine and science in sports and exercise*, 28, 1402-1412.
- Cohen, D. D., Burton, A., Wells, C., Taberner, M., Diaz, M. A., & Graham-Smith, P. (2020). Single v double leg countermovement jump tests; not half an apple. *Aspetar Sports Med J*, 9, 34-41.
- Čihák, R., Grim, M., Druga, R., & Helekal, I. (2002). *Anatomie*. Grada.
- Davlin, C. D. (2004). Dynamic balance in high level athlete. *Perceptual and Motor Skills*, 98, 1171– 1176.
- Dědič, J. (1972). *Krasobruslení: povinná a volná jízda jednotlivců*. Olympia.
- DiStefano, L. J., Clark, M. A., & Padua, D. A. (2009). Evidence supporting balance training in healthy individuals: a systemic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2718-2731
- Dovalil, J. (1986). *Pohybové schopnosti a jejich rozvoj ve sportovním tréninku*. (208 s.) Praha: Olympia.
- Dovalil, J. (2002). a kolektiv, *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dylevský, I. (2009). *Funkční anatomie*. Grada Publishing as.

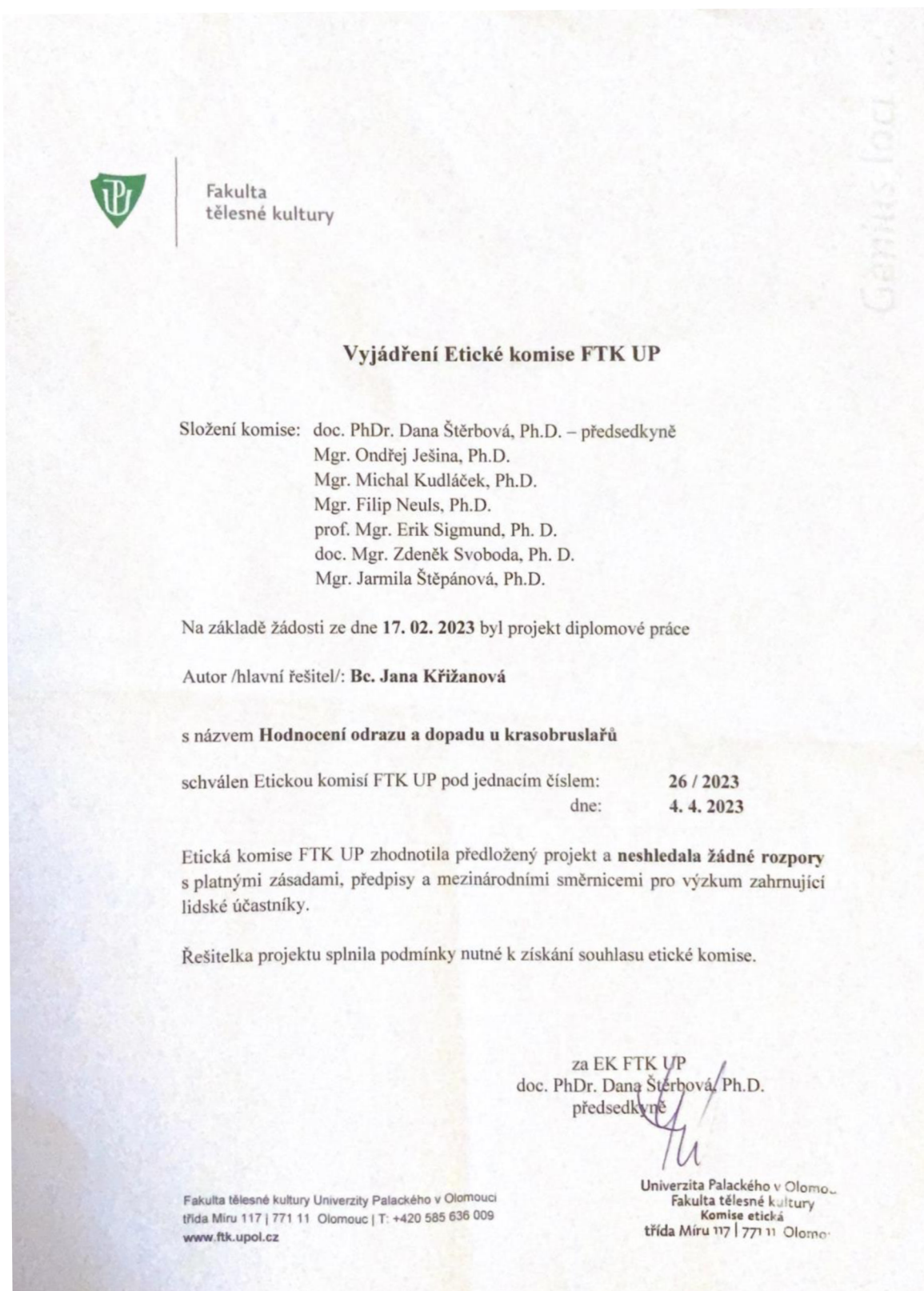
- García-López, J., Peleteiro, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., Morante, J. C., Herrero, J. A., & Villa, J. G. (2005). The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. *International journal of sports medicine*, 26(04), 294-302.
- Grewal, G. S., Baisch, R., Lee-Eng, J., Wu, S., Jarrett, B., Humble, N., & Najafi, B. (2016). Effect of custom foot insoles on postural stability in figure skaters while on ice. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25(3), 255-262.
- Horníček, P. (2021). *Biomechanická analýza vertikálního odrazu sounož v kontextu diagnostického využití ve fyziologii tělesné zátěže* [bakalářská práce]. <https://dspace.tul.cz/handle/15240/159772>
- Chapman, E. A. (2008). Biomechanical analysis of fundamental human movements. USA: Human Kinetics, 2008. ISBN 0-7360-6402-8.
- Haguenaer, M., Legreneur, P., & Monteil, K. M. (2006). Influence of figure skating skates on vertical jumping performance. *Journal of biomechanics*, 39(4), 699-707.
- Janura, M. (2003). Úvod do biomechaniky pohybového systému cloveka. *Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc*.
- Jaworski, C. A., & Ballantine-Talmadge, S. (2008). On Thin Ice. *Current Sports Medicine Reports*, 7, 133-137.
- King, D. L. (2005). Performing triple and quadruple figure skating jumps: implications for training. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 30(6), 743-753.
- Klavora, P. (2000). Vertical-jump tests: A critical review. *Strength & Conditioning Journal*, 22(5), 70.
- Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén.
- Kotsifaki, A., Van Rossom, S., Whiteley, R., Korakakis, V., Bahr, R., Sideris, V., & Jonkers, I. (2022). Single leg vertical jump performance identifies knee function deficits at return to sport after ACL reconstruction in male athletes. *British journal of sports medicine*, 56(9), 490-498.
- Kovacs, E. J., Birmingham, T. B., Forwell, L., & Litchfield, R. B. (2004). Effect of training on postural control in figure skaters: a randomized controlled trial of neuromuscular versus basic off-ice training programs. *Clinical journal of sport medicine*, 14(4), 215-224.
- Křivánková, K. (2021). *Countermovement jump jako ukazatel výkonnostních změn u vrcholových basketbalistek v sezóně narušené COVID-19* [online]. Brno, 2021 [cit. 2023-01-28]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/tzxeu/> . Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Tomáš VENCÚRIK.

- Kuníková, K. (2020). *Rozdíly v testu vertikálního výskoku s protipohybem a bez protipohybu u elitních hráček volejbalu* [online]. Brno, 2020 [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/zor5u/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Jan CACEK.
- Marshall, B. M., & Moran, K. A. (2013). Which drop jump technique is most effective at enhancing countermovement jump ability, “countermovement” drop jump or “bounce” drop jump?. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1368-1374.
- Měkota, K., & Blahuš, P. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově*. (Příručka). Praha: SPN.
- Měkota, K. & ,Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti – činnosti – výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1728-8.
- Měkota, K. & ,Novosad, J. (2007). *Motorické schopnosti*. (175 s.) Olomouc : Univerzita Palackého.
- Musálek, M. (2012). Development of Test Batteries for Diagnostics of Motor Laterality Manifestation-Link between Cerebellar Dominance and Hand Performance.
- Nashner, L. M. (1976). Adapting reflexes controlling the human posture. *Experimental brain research*, 26(1), 59-72.
- Nuzzo, J. L., Anning, J. H., & Scharfenberg, J. M. (2011). The reliability of three devices used for measuring vertical jump height. *Journal of strength and conditioning research*, 25(9), 2580–2590. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fee650>
- O'Connor, M. L. (2015). *The development of the Single-Leg Landing Error Scoring System (SL-LESS) for lower extremity movement screening* (Doctoral dissertation, The University of Wisconsin-Milwaukee).
- Otáhal, S., & Tlapáková, E. (1999). *Patobiomechanika a patokineziologie, kompendium– Biomechanika*. Praha: Katedra anatomie a biomechaniky FTVS UK.
- Pantoja, P. D., Mello, A., Liedtke, G. V., Kanitz, A. C., Cadore, E. L., Pinto, S. S., ... & Krueel, L. F. M. (2014). Neuromuscular responses of elite skaters during different roller figure skating jumps. *Journal of human kinetics*, 41(1), 23-32.
- Podolsky, A., Kaufman, K. R., Cahalan, T. D., Aleshinsky, S. Y., & Chao, E. Y. (1990). The relationship of strength and jump height in figure skaters. *The American journal of sports medicine*, 18(4), 400-405.
- Perič, T., Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. (160 s.) Grada Publishing
- Roggia, B. (2010). Estudo da postura e do equilíbrio corporal em escolares com respiração oral com idades entre 8 e 12 anos.

- Sadílková, A. (2016). Suchá příprava krasobruslařů staršího školního věku (Doctoral dissertation, Technická Univerzita v Liberci).
- Saunders, N. W., Hanson, N., Koutakis, P., Chaudhari, A. M., & Devor, S. T. (2014). Landing ground reaction forces in figure skaters and non-skaters. *Journal of sports sciences*, 32(11), 1042-1049.)
- Saunders, N. W., Hanson, N. J., Koutakis, P., Chaudhari, A. M., & Devor, S. T. (2012). Figure skater level moderates balance training. *International journal of sports medicine*, 345-349.
- Slepička, P., Hošek, V., & Hátlová, B. (2009). Psychologie sportu. Karolinum.
- Starec, P. (2008) *Vývojové tendence sportovního výkonu v krasobruslení v kategorii mužů* [online]. Brno. [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/t6kb32/>. Disertační práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce doc. PaedDr. Renata Klárová, CSc.
- Taylor, J. B., Ford, K. R., Nguyen, A. D., & Shultz, S. J. (2016). Biomechanical comparison of single-and double-leg jump landings in the sagittal and frontal plane. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 4(6), 2325967116655158.
- Vařeka, I. (2002a). Posturální stabilita (I. část), Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 9, 115–121.
- Vařeka, I. (2002b). Posturální stabilita (II. část). *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 122–129.
- Véle, F. (1995). *Kineziologie posturálního systému*. Karolinum.
- Walker, O. (2016). *Countermovement jump (CMJ)* [online]. UK: Science for sport, 2016. Dostupné z: <https://www.scienceforsport.com/countermovement-jump-cmj/>
- Wang, L. I. (2011). The lower extremity biomechanics of single-and double-leg stop-jump tasks. *Journal of sports science & medicine*, 10(1), 151.
- Winter, D. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3, 193–214.
- Winter, D. A., Patla, A. E., & Frank, J. S. (1990). Assessment of balance control in humans. *Med prog technol*, 16(1-2), 31-51.
- Zahálka, F., Vodička, P., & Heller, J. (2007). Hodnocení dynamických a kinematických parametrů vertikálního výskoku s vícenásobným opakováním. *Česká kinantropologie*, 11 (3), 91-103
- Zahradník, D., & Korvas, P. (2012). Základy sportovního tréninku.
- Zemková, E. (2014). Sport-Specific Balance. *Sports Medicine*, 44, 579–590.

# 11 PŘÍLOHY

## 11.1 Vyjádření Etické komise





## 11.2 Informovaný souhlas rodičů

### Informovaný souhlas

**Název studie (projektu):** Hodnocení odrazu a dopadu u krasobruslařů

Jméno:

Datum narození:

Účastník byl do studie zařazen pod číslem:

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím účastí mého dítěte ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Mé dítě s účastí ve studii souhlasí.
3. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě a od mého dítěte očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
4. Porozuměl(a) jsem tomu, že naši účast ve studii můžeme kdykoliv přerušit či odstoupit. Naše účast ve studii je dobrovolná.
5. Při zařazení do studie budou osobní data mého dítěte uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti jeho/jejích osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být osobní údaje mého dítěte poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
6. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis pověřeného touto studií:

Datum:

Datum: