

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

ZATÍŽENÍ ZÁPĚSTÍ A LOKETNÍHO KLOUBU PŘI RŮZNÝCH POLOHÁCH  
RUKOU NA PODLOŽCE U PŘEMETU VZAD VE SPORTOVNÍ GYMNASITICE

Diplomová práce (magisterská)

Autor: Bc. Vendula Hájková

Vedoucí práce: Mgr. Zdeněk Svoboda Ph.D.

Olomouc 2019

**Jméno a příjmení autora:** Vendula Hájková  
**Název diplomové práce:** Zatížení zápěstí a loketního kloubu při různých polohách rukou na podložce u přemetu vzad ve sportovní gymnastice  
**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii  
**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Zdeněk Svoboda Ph.D.  
**Rok obhajoby diplomové práce:** 2019

### **Abstrakt**

Tato diplomová práce měla za cíl porovnat kinematiku a kinetiku zápěstí a loketního kloubu při přemetu vzad ve třech pozicích rukou na podložce. Deset sportovních gymnastek provedlo vždy 10 pokusů přemetu vzad v každé ze třech vybraných poloh rukou, ve fázi kontaktu s podložkou (10 v paralelním postavení, 10 v reversním postavení a 10 v interním postavení). Byly použity dvě silové plošiny (Kistler) a pro záznam kinematických dat systém devíti infračervených kamer (Qualisys). Byly zjištěny významné rozdíly mezi polohami. Nejnižší hodnoty interního addukčního momentu síly u loketního kloubu byly zjištěny v interním postavení rukou, rovněž kompresní síla byla v interní poloze nejvyšší. U zápěstí byly nejvyšší hodnoty naměřeny při reversním postavení rukou na podložce. Práce naznačuje, že interní postavení rukou na podložce při přemetu vzad, může působit jako prevence proti mnohonásobnému opakovanému zatížení zápěstí a loketního kloubu.

**Klíčová slova:** sportovní gymnastika, prevence zranění, loketní kloub, zápěstí, přemet vzad

**Author's first name and surname:** Vendula Hájková  
**Title of the master thesis:** Elbow and wrist joint loading at different hand positions on the mat in the handspring back in artistic gymnastics.  
**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology  
**Supervisor:** Mgr. Zdeněk Svoboda Ph.D.  
**The year of presentation:** 2019

### **Abstract**

The aim of the thesis was to compare kinematics and kinetics of wrist and elbow joint during different hand positions in the handspring back. Ten female gymnasts performed ten handspring attempts in three different hand positions parallel (10), internal (10) and reverse (10). Two force plates (Kistler) and system of nine infrared cameras (Qualisys) were used to determine reaction strength values and kinematic data respectively. Between the techniques were found significant differences. The lowest values of the internal adduction moment of the force were found in the internal hand positions as well as the lowest compression force. The highest values for the wrist were measured in the reverse hand position. The thesis suggests that the internal position of the hands on the mat in the handspring back can prevent multiple wrist and elbow stress.

**Keywords:** artistic gymnastics, prevention of injury, elbow joint, wrist, handspring back

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Zdeňka Svobody Ph.D., uvedla všechny literární a odborné zdroje, a řídila se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne .....

.....

Děkuji vedoucímu diplomové práce Mgr. Zdeňku Svobodovi Ph.D. za odborné vedení práce a za čas, který mi při zpracování této diplomové práce věnoval. Dále bych chtěla poděkovat doc. Mgr. Romanu Faranovi Ph.D. za pomoc, cenné rady a vstřícný přístup při výzkumu.

Děkuji sportovním gymnastkám, které absolvovaly tento výzkum. V neposlední řadě děkuji pracovišti Ostravské univerzity Pedagogické fakulty za poskytnutí technického zázemí.

## Obsah

ÚVOD.....	7
1. Přehled poznatků .....	8
1.1 Definice základních pojmů .....	8
1.2 Charakteristika sportovní gymnastiky .....	8
1.2.1 Historický vývoj sportovní gymnastiky.....	8
1.3 Zranění ve sportovní gymnastice a jejich příčiny.....	9
1.3.1 Epidemiologie zranění .....	10
1.3.2 Akutní a chronické zranění ve sportovní gymnastice.....	16
1.3.3 Mechanismus zranění a rizikové faktory .....	16
1.3.4 Prevence vzniku zranění .....	19
1.4 Loketní kloub.....	20
1.4.1 Zranění loketního kloubu ve sportu .....	22
1.5 Zápěstí.....	23
1.5.1 Zranění zápěstí ve sportu .....	27
1.6 Přemet vzad .....	28
1.6.1 Specifikace poloh rukou .....	29
1.7 Biomechanická analýza pohybu ve sportovní gymnastice .....	31
1.7.1 Kinematická a kinetická analýza pohybu .....	31
2. Cíle.....	32
2.1 Výzkumný problém a východiska .....	32
2.2 Hypotéza .....	32
3. Metodika.....	33
4. Výsledky.....	37
5. Diskuze.....	40
6. Závěr.....	42
Souhrn.....	43
Summary.....	44
SEZNAM OBRÁZKŮ: .....	52
SEZNAM TABULEK: .....	53

## ÚVOD

Sportovní gymnastika je extrémně náročný sport, a to nejen na fyzickou a psychickou připravenost, ale zejména pak na koordinační schopnosti gymnastů a gymnastek. Náročnost cviků se neustále zvyšuje. Již delší dobu se v tomto sportu pohybují, nyní v pozici trenéra, dříve v pozici cvičenky a musím konstatovat, že úroveň předváděných sestav je v každém olympijském (4 -letém) cyklu větší a větší. Také výskyt zranění se neustále zvyšuje a momentálně, je to největší problém ve vrcholové sportovní gymnastice.

V rámci této práce, jsme se zabývali základní gymnastickou dovedností, přemetem vzad. Přemet vzad je „základním stavebním kamenem“ pro cvičení na přeskoku, prostných i kladině. Prováděli jsme měření zatížení zápěstí a loketního kloubu ve třech různých polohách rukou při dohmatu na podložku. Jednalo se o polohu s prsty vtočenými k sobě (interní), s prsty vytočenými od sebe (reversní) a polohu, kdy zápěstí a prsty byly k sobě umístěny rovnoběžně (paralelní). Domníváme se, že přinesené informace a závěry této práce mohou být prospěšné pro trenérskou praxi.

Cílem této práce bylo potvrdit, či vyvrátit, zda některá z vybraných třech poloh je pro provádění přemetu vzad vhodnější, co se týče zatížení zápěstí a loketního kloubu než polohy ostatní.

## 1. Přehled poznatků

### 1.1 Definice základních pojmů

#### *Sportovní gymnastika*

Pohybová činnost zaměřena na rozvoj kondičních a koordinačních schopností, na estetické působení, prožívání a vnímání těchto činností (Kremnický, 2010).

#### *Zranění*

Je porucha zdraví způsobena náhle a vnější příčinou. V podobných souvislostech se používají výrazy úraz, újma na zdraví, poranění.

#### *Přemet vzad*

Jedná se o rytmické spojení skoku vzad do stoje na rukou a korbetu. Charakteristika vychází z definice přemetů-jedná se o pohyby celého těla, jejichž hlavním znakem je přetáčení prohnutého těla s oporou rukou o základnu (FIG, 2003).

### 1.2 Charakteristika sportovní gymnastiky

Sportovní gymnastika je olympijský sport, kde soutěží muži i ženy, individuálně i v týmech. Původ slova gymnastika vychází z řeckého „gymnos“-nahý. Je to tradiční sportovní disciplína, jejíž pohybový obsah je tvořen dynamickými sprinty, skoky, doskoky, tahovými a tlakovými cviky, cviky náročnými na techniku, rovnováhu, koordinaci a estetiku (Bradshaw & Hume, 2012). Ženská sportovní gymnastika obsahuje čtyři nářadí-přeskok, bradla, kladinu a prostná.

#### 1.2.1 Historický vývoj sportovní gymnastiky

Vznikla z nářadového tělocviku (turnerství) v Německu a u nás v pozměněné formě jako tzv. sokolství v 19. století. Do třicátých let byly součástí sportovní gymnastiky taky atletické disciplíny jako běh, šplh, vzpírání, skoky. Časem se stabilizoval víceboj u žen na čtyři nářadí: přeskok, bradla, kladinu a prostná. U mužů je to šestiboj: přeskok, bradla, hrazda, prostná, kůň a kruhy. Od roku 1903 je gymnastika stálým sportem na programu novodobých Olympijských her. Pravidla stanovuje mezinárodní gymnastická



federace (FIG), která vznikla v roce 1881. Upravuje je po každém čtyřletém olympijském cyklu (FIG, 2013).

### 1.3 Zranění ve sportovní gymnastice a jejich příčiny

Úrazovost je ve sportovní gymnastice velmi vysoká. Každoročně se více než 29000 gymnastů a gymnastek potýká s nějakým druhem úrazu nebo zranění (Sands, 2000). Jako jeden z hlavních faktorů Brueggemann (2005) uvádí, vysokou úroveň technických požadavků a obtížnost jednotlivých dovedností, vazeb a sestav. Tato úroveň neustále roste a výkony gymnastů a gymnastek se blíží hranici lidských možností. Dalším faktorem může být fakt, že náročné pohybové dovednosti jsou prováděny ve velké výšce, vysokých rychlostech a mnohdy v těsné blízkosti gymnastického nářadí (Cossens, 2012). V potaz taky musí být brány extrémní síly působící na těla gymnastek v kombinaci s mnohonásobným opakováním pohybů a vysokou frekvencí tréninkových jednotek. Na toto téma bylo provedeno několik studií, z nichž víme, že vrcholové gymnastky trénují 20-30 hodin týdně, 5-6 hodin denně. Tréninkové zatížení takového rozsahu, často s nedostatečným vědeckým, lékařským a rehabilitačním zázemím vede k vysokému riziku zranění (Sands, 2000). Akutní zranění může přejít do chronicity a ovlivňovat tak kvalitu života (Bradshaw & Hume, 2012).

Cílená prevence zranění, na základě biomechanických analýz může v budoucnu přispět ke snížení vysokého výskytu zranění ve sportovní gymnastice (Bradshaw & Hume, 2012). Prevence zranění by měla zajímat všechny trenéry i samotné sportovce. Je nutné, aby měli potřebné znalosti a pochopili jaká je odezva pohybového aparátu na biomechanické zatížení, a to jak z krátkodobého, tak i z dlouhodobého hlediska (Farana, 2018).

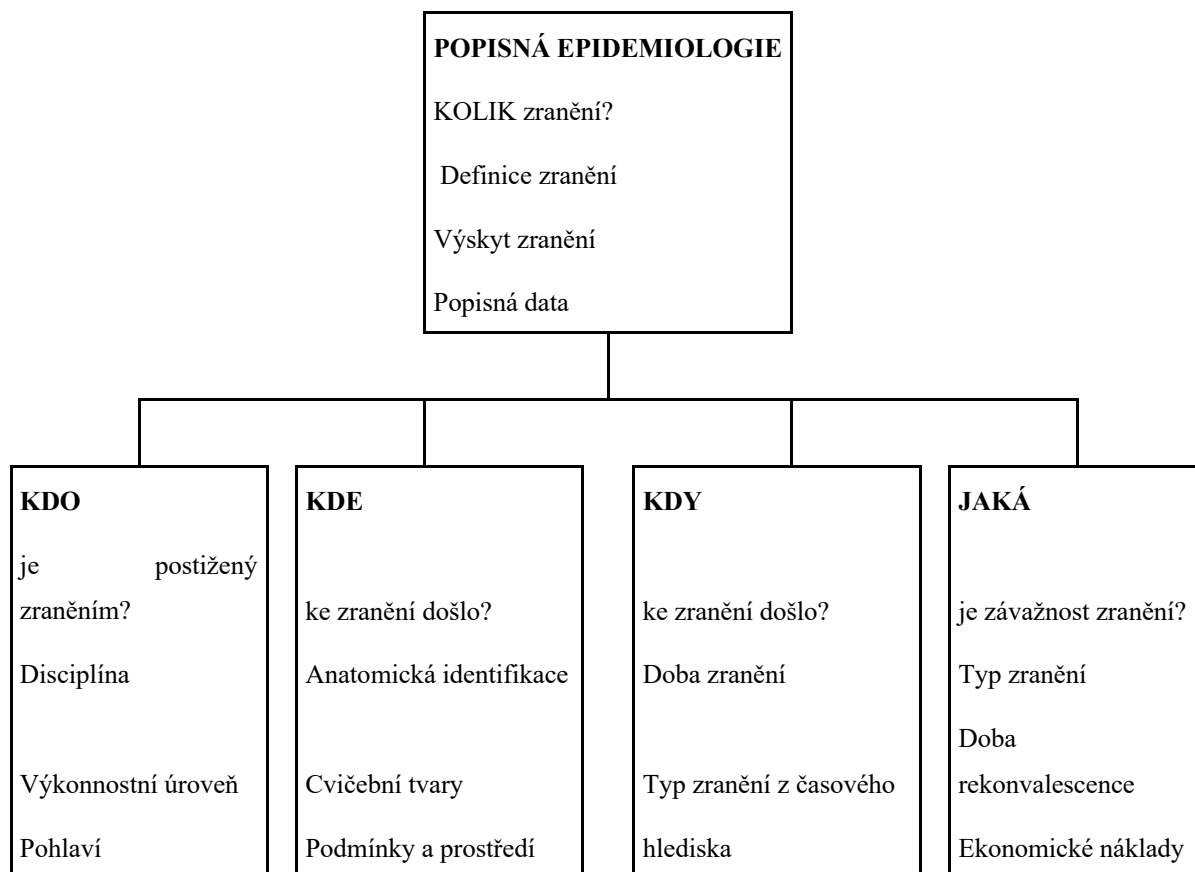
Jako nejčastěji zraněná část těla byly identifikovány dolní končetiny. Tato zranění vznikají převážně při doskocích. Autoři Gittoes a Irwin (2012) uvedli, že gymnastky provedou během týdenního tréninkového cyklu až 200 doskoků. V roce 2012 byl proveden výzkum, jehož výsledky poukazují na to, že v 58 % zranění jsou postiženy dolní končetiny, z toho 28 % tvoří zranění kotníku, 22 % kolene a 8 % chodidla (Bradshaw & Hume, 2012). Druhou nejčastěji zraněnou částí těla jsou horní končetiny. Zranění v této části těla vzniká, jako důsledek pohybů, které jsou prováděny ve vzporu, při kterých paže nesou hmotnost celého těla (Bradshaw & Hume, 2012). Z celkového počtu zranění

představují zranění na horních končetinách 12 %, z toho 6 % jsou úrazy lokte a 6 % úrazy zápěstí a dlaní. Dalším typem zranění, jsou úrazy páteře. Osmdesát pět procent gymnastek a gymnastů se potýká s bolestmi páteře (Sward et al., 1991). Mechanické zatížení páteře ve sportovní gymnastice dosahuje v mnoha případech k hranici tolerance tělesných tkání. Velká rozmanitost cvičebních tvarů ve sportovní gymnastice vyžaduje vysokou stabilitu páteře, častou hyperflexi a hyperextenzi těla (Brueggemann, 2010).

### 1.3.1 Epidemiologie zranění

Epidemiologie se zabývá studiem faktorů, kvůli kterým ke zraněním dochází. Účelem je stanovení preventivních opatření a postupů ke snížení výskytu zranění u sportující populace (Sands, Caine & Borms, 2003). Tyto epidemiologické výzkumy vedou u některých sportů ke změně pravidel (Gianotti, Hume, Hopkins, Harawira, & Truman, 2008; Macan, Bundalo-Vrbanac, & Romić, 2006), ke změně sportovního vybavení (Kinchington, Ball, & Naughton, 2011; Moiler, Hall, & Robinson, 2006), k obsáhlejšímu vzdělání trenérů a sportovců (Brown, Verhagen, Knol, Van Mechelen, & Lambert, 2016; Gianotti, Quarrie, & Hume, 2009), a ke zlepšení tréninku a změně techniky pohybu (Owoeye, Akinbo, Tella, & Olawale, 2014; Scase, Cook, Makdissi, Gabbe, & Shuck, 2006).

Ve sportovní gymnastice se epidemiologický přístup zabývá kvantifikací vzniku zranění (*kolik*) s ohledem na to *kdo* byl zraněn, *kde* a *kdy* ke zranění došlo a *co* bylo výsledkem zranění. Cílem je tedy vysvětlit *proč* a *jak* ke zranění došlo a určit strategie kontroly a prevence zranění (Caine et al., 2006; Sands, Caine & Borms, 2003). Kdo, kde, kdy a co je předmětem studia popisné epidemiologie, proč a jak epidemiologie analytické.



Obrázek 1: Model epidemiologie zranění (Farana, 2018)

### 1.3.1.1 Osobní faktory

Osobní faktory ve sportovní gymnastice jsou zaměřeny na věk gymnastek a výkonnostní úroveň spojenou s výskytem zranění. V odborné literatuře najdeme rozdělení sportovních gymnastek s ohledem na výkonnostní stupeň při trénincích a soutěžích na rekreační, klubovou, středoškolskou a univerzitní. Uvedené rozdělení je typické pro Velkou Británii a Spojené státy americké. Na úrovni klubu je typické rozdělení na úrovně od začátečníků přes pokročilé a vrcholové gymnastky až k těm elitním.

K analýze „kolik zranění se stalo“ se nejčastěji používá četnost (procentuální vyjádření) výskytu zranění a hodnoty úrazovosti tzv. injury rate. V odborné literatuře můžeme najít rozdílné hodnoty úrazovosti, dochází k nim kvůli rozdílným vyjádřením úrazovosti. Nejčastěji bývá hodnota vyjadřována jako počet zranění za 1000 hodin tréninku (zranění/hodin), dále jako počet zranění na 100 gymnastek za jeden rok (zranění/100 gymnastek/rok), počet zranění na 1000 gymnastek za rok (zranění/1000

gymnastek/rok), počet zranění za 1000 tzv. „atletohodin“ (zranění/atletohodin). Jako atletohodina se udává účast na tréninku nebo soutěži, kde je gymnastka vystavena riziku zranění. V letech 1990-2005 provedli autoři Singh, Smith, Fields a McKenzie (2005) popisnou epidemiologickou studii u skupiny sportovních gymnastek a gymnastů ve věku 6-17 let. Poukázali na fakt, že s rostoucím počtem tréninkových jednotek roste také úrazovost. Ženská sportovní gymnastika je uváděna jako sport s jednou z největších úrazovostí v ženských sportech (4,8 zranění/1000 sportovců/rok) (Singh et al., 2008), vyžadující největší počet operativních zákroků (Chilvers, Donahue, Nassar, & Manoli, 2007). U věkové skupiny 12-17 let je uváděna vyšší úrazovost (7,4 zranění/1000 sportovců/rok), než u skupiny 6-11 let (3,6 zranění/1000 sportovců/rok) (Singh et al., 2008). Jiná popisná epidemiologická studie, která trvala 21 let (1985-2005) uvádí celkovou úrazovost 2,2 zranění za 1000 hodin (Saluan, Styron, Ackley, Prinzbach, & Billow, 2015). Z celkového počtu 1 500 000 hodin tréninku byla zjištěna úrazovost 2,9/1000 u elitní skupiny, 2,8/1000 u vrcholové skupiny, 1,7/1000 u skupiny pokročilých a 0,7/1000 u začínajících gymnastek. Zjištěné hodnoty byly porovnávány napříč skupinami od elitních po začínající gymnastky a rozdíly byly signifikantní mezi začínajícími a ostatními skupinami. Naopak mezi skupinou elitních a vrcholových gymnastek nebyly razantní rozdíly (Saluan et al., 2015). Určitý rozpor je mezi studii Cupisiti et al. (2007) a Lund a Myklebust (2011). Cupisiti et al. (2007) uvádějí úrazovost 1,1/1000 atletohodin ve sportovní gymnastice, zatímco Lund a Myklebust (2011) uvádějí 50/1000 atletohodin v teamgymu. Rozdíl je zřejmě způsoben odlišným charakterem sportovní disciplíny teamgym, při kterém jsou předváděné akrobatické tvary náročnější a nebezpečnější než ve sportovní gymnastice. Caine et al. (2003) po dobu tří let sledovali výskyt zranění u 79 sportovních gymnastek ve věku 7-18 let. U 60 sportovních gymnastek došlo celkem k 192 zraněním. Úrazovost byla 2,5 zranění/1000 hodin, přičemž 25 % zranění tvořila zranění opakovaná. Ukázalo se, že nejkritičtější, co se týče úrazovosti, byl třetí rok sledování, kdy došlo k největšímu počtu zranění (103), (Caine et al. 2003). Dále autoři zjistili, že z pohledu výkonnosti dochází častěji ke zranění u gymnastek vyšší úrovně než gymnastky nižší úrovně. Cossens (2012) provedl roční studii u australské reprezentace sportovních gymnastů a zjistil, že více než 40 % tréninkových jednotek bylo limitováno v důsledku zranění. V roce 2016 byla provedena analýza výskytu zranění u vrcholových sportovních gymnastek v České Republice, studie trvala dva roky a bylo sledováno přibližně 20 gymnastek. Ukázalo se, že pouze u jedné gymnastky nedošlo

v průběhu výzkumu k žádnému kosterně-svalovému zranění (Farana, Žitníková, & Uchytíl, 2016).

### 1.3.1.2 Místní faktory

Tyto faktory nám určují místo (kde) ke zranění z anatomického hlediska došlo a při jakých podmínkách, na jakém náradí a u, kterých cvičebních tvarů. Anatomická identifikace pomáhá trenérům, sportovcům a dalším odborníkům identifikovat ty oblasti, které vyžadují zvýšenou pozornost.

Dolní končetiny jsou epidemiologickými studiemi identifikovány jako nejčastěji zraněná část těla ve sportovní gymnastice. V tom se shoduje více studií. Hlezenní a kolenní kloub jsou nejčastěji zraněnou částí. Druhým nejčastěji zraněnou částí jsou horní končetiny a přesněji zápěstí a loketní kloub (Caine, Lindner, Mandelbaum, & Sands, 1996; Caine, Howe, Ross, & Bergman, 1997; Caine et al., 2003; Caine et al., 2006; Singh et al., 2008; Saluan et al., 2015; Farana et al., 2016). Longitudiální studie z roku 2008 mapovala úrazovost u mladých sportovních gymnastek a gymnastů ve věku od 6 do 17 let. Trvala od roku 1990 do roku 2005 a šetření se podrobilo více než 425 000 sportovců. Výsledky této studie překvapivě označily jako nejčastěji zraněnou část těla horní končetiny (42 %), a až poté dolní končetiny (34 %) a oblast hlavy a krku (13 %). U skupiny sportovců 6-11 let bylo zranění horních končetin častější (50 %) než u skupiny ve věku 12-17 let. Dolní končetiny byly naopak častěji zraněny u skupiny dětí 12-17 let (43 %). V porovnání chlapců a dívek, byli signifikantně častěji zraněni sportovní gymnasté v oblasti hlavy a krku, u sportovních gymnastek se více vyskytovalo zranění horních končetin. U vrcholových sportovních gymnastek z České republiky, bylo zjištěno, že nejčastějším zraněným místem na těle je kolenní kloub (31 %) následovaný kloubem loketním (21 %) (Farana et al., 2016). Úrazovost dolních končetin tvoří 1,8/1000 hodin u elitní, 1,8/1000 hodin u vrcholové, 0,9/1000 hodin u pokročilé a 0,4/1000 hodin u začínající skupiny gymnastek. Na horních končetinách se jednalo o tyto data- 0,6/1000 hodin elitní, 0,6/1000 hodin vrcholové, 0,4/1000 hodin pokročilé a 0,2/1000 hodin začínající sportovní gymnastky.

Do místního faktoru, patří i faktor prostředí, tedy v jakých podmínkách ke zranění došlo. Rozlišujeme podmínky tréninkové a závodní. Caine et al. (1996) uvedli souhrnné výsledky z několika studií, z nichž je patrné, že v ženské sportovní gymnastice dochází ke zranění v tréninkových podmínkách z 79 až 97 %. Podobné výsledky byly zjištěny

stejnými autory v roce 2003, kde u 176 případů ze 192 došlo k události při tréninku. Marshall, Covassin, Dick, Nassar, & Agel (2007) uvádí 2739 zranění, přičemž 2244 se událo v tréninkovém prostředí a pouhých 495 při závodě. Tento výzkum probíhal longitudinálně v letech 1988-2004 u univerzitních sportovních gymnastek ve Spojených státech amerických (Marshall et al., 2007). K totožným výsledkům se dobrali i Farana et al. (2006), při dvouletém sledování 20 českých vrcholových gymnastek. Sedmdesát čtyři procent úrazů se stalo v tréninkovém prostředí. Lze tedy říci, že z hlediska faktoru prostředí, se dle dosud uvedených studií stává většina úrazů při tréninku. To může být způsobeno faktem, že gymnastky tráví více času na tréninku než v závodním prostředí. Pokud bychom, ale celkový počet zranění převedli na úrazovost, poukazují Caine et al., (2003) na vyšší úrazovost v závodě než při tréninku. Může to být způsobeno tím, že gymnasti a gymnastky při závodě pracují vyšší intenzitou, než v tréninku. Sestavy v tréninku jsou většinou rozfázovány, jsou při nich používány dopomocné žíněnky a také dopomoc trenéra, což snižuje výskyt zranění a ovlivňuje úrazovost v těchto podmínkách (O'Kane et al., 2011). Jakákoliv dopomoc při cvičení, hraje významnou roli z hlediska prevence zranění. Absence nebo také nedostatečnost dopomoci byly v dřívějších studiích vyhodnoceny jako rizikový faktor zranění (Caine et al., 1996). Podle Pettroneho a Riccardelli (1987), vznikne 65 % zranění i přesto, že gymnastkám nebo gymnastům byla podána nějaká forma dopomoci, vysvětlují to tak, že v tréninku se sportovci pokoušeli o nácvik nových, složitějších gymnastických prvků, které ještě neměli technicky zvládnuté.

Dále se ještě budeme zabývat, na jakém nářadí ke zranění nejčastěji dochází. Dřívější studie uvádějí prostná, jako nejrizikovější nářadí (Lindner, & Caine, 1990; Caine et al., 2003; Marshall et al., 2007). Také studie provedená v České republice vyhodnotila prostná jako nejrizikovější gymnastické nářadí (Farana et al., 2016). Při srovnání úrazovosti v tréninku na jednotlivých nářadích, jsou prostná na prvním místě (1,6 zranění/1000 atletohodin), dále bradla (1,5 zranění/1000 atletohodin), následovány kladinou (0,8 zranění/1000 atletohodin) a přeskokem (0,5 zranění/1000 atletohodin) (Caine et al., 2003). Analýza výskytu zranění podle nářadí v závodě, poukazuje rovněž na prostná (4,6 zranění/1000 atletohodin) jako místo s nejvyšší úrazovostí. Druhé místo obsadil přeskok (2,8 zranění/1000 atletohodin), dále kladina (1,9 zranění/1000 atletohodin) a bradla (0,9 zranění/1000 atletohodin) (Caine et al., 2003). Je zajímavé, že dle autorů Lindner a Caine (1990) vzniká nejvíce úrazů při gymnastických prvcích nízké a střední obtížnosti, které jsou sportovci v procesu motorického učení vysoce osvojeny. Tuto informaci potvrzují i další autoři, kteří ve své studii zjistili, že nejvíce zranění

dochází při přemetu vpřed a vzad (42 %), přemetu stranou a rondatu (31 %) a stojí na rukou (9 %) (Singht et al., 2008).

### 1.3.1.3 Časové faktory

Časové faktory zahrnují informace, kdy ke zranění došlo. Rozlišujeme časový faktor z hlediska časového vzniku a doby vzniku zranění z pohledu fáze tréninkové jednotky nebo fáze tréninkového cyklu (týdenní, roční apod.) (Caine & Harringe, 2013).

Z časového hlediska rozlišujeme zranění chronické, které vzniká postupně, a je výsledkem opakovaných mikrotraumat kostí, vazů, šlach a kloubů, dále zranění akutní. Akutní zranění vzniká náhle jako výsledek jedné traumatické události. Může ovšem nastat situace, kdy zranění zahrnuje oba typy-akutní i chronické. Jedná se o situaci, kdy se akutní zranění překrývá s mechanismem chronického zranění (Caine, & Harringe, 2013). V ženské sportovní gymnastice studie uvádějí výskyt zranění v rozmezí 22-56 % chronická a 44-82 % akutní zranění (Kolt, & Caine, 2010; O'Kane et al., 2011). V letech 2009-2013 byla provedena studie u vysokoškolských gymnastek, kde bylo zjištěno, že u 91 % zranění byla známá příčina úrazu nebo zranění, 34 % zranění vzniklo při kontaktu gymnastky s náradím, a tedy bylo klasifikováno jako akutní a 30 % bylo klasifikováno jako zranění chronické (Kerr, Hayden, Barr, Klossner, & Dompier (2015).

Z pohledu fáze tréninkové jednotky, byl vyšší výskyt zranění zaznamenán v úvodních fázích tréninku. To může znamenat, že sportovní gymnastky nebyly dostatečně rozcvičené (Caine et al., 1989; Caine et al., 2003; Lindner, & Caine, 1990; Kolt, & Caine, 2010). V jiné studii autoři uvedli, že 7 z 12 akutních zranění, ke kterým došlo při závodě, se staly v první půlhodině závodu, kdy teprve probíhalo organizované rozcvičení (Caine et al., 2003). Roční tréninkový cyklus se ve sportovní gymnastice člení na přípravné, předsoutěžní, soutěžní a přechodné období. V dřívějších studiích evidovali vyšší výskyt zranění v předsoutěžním a soutěžním období (Caine et al., 1989; Kirialanis, Malliou, Beneka, Gourgoulis, Gifstidou, & Godolias, 2002; Kolt & Caine, 2010; Sands, Shultz, & Newman, 1993). Longitudinální studie provedena u vysokoškolských sportovních gymnastek, která byla zaměřena na výskyt zranění ukázala vyšší náchylnost ke zranění u skupiny sportovních gymnastek, které měly delší přechodné období, než u gymnastek s kratší tréninkovou pauzou (Sands et al., 1993). To může znamenat, že sportovkyně s kratším přechodným obdobím, byly lépe kondičně připraveny, což je mohlo před zraněním ochránit. V důsledku náhlého tréninkového zatížení a nástupu

akutní únavy, je vysoký výskyt zranění v přípravné fázi tréninkového cyklu (Sands et al., 1993). 74,5 % zranění vzniká v přípravném a předsoutěžním období, 13,3 % v soutěžním a pouze 6,2 % v období přechodném.

### 1.3.2 Akutní a chronické zranění ve sportovní gymnastice

Vznik akutního zranění ve sportovní gymnastice vzniká především na základě pádu na zem, na doskokovou žíněnku, nebo při kontaktu s gymnastickým náradím. Mechanická energie při pádu působí na biologické struktury těla, překračuje aktuální limity tkání a vede k jejich akutnímu selhání (Brueggmann & Hume, 2013). Tragické úrazy, které by měly za následek trvalé poškození pohybového aparátu nejsou ve sportovní gymnastice tak časté.

Častější skupinu tvoří chronická zranění. Chronická zranění jsou výsledkem opakovaného přetěžování, která pak vedou k mikrotraumatům příslušných tkání (Frostick, Mohammad, & Ritchie, 1991; Kolt & Caine, 2010). Sportovci, kteří jsou v procesu růstu, se nacházejí ve vyšším riziku výskytu zranění, a to kvůli biomechanickým vlastnostem stále ještě nevyvinutých svalově-kosterních struktur (Bruggemann & Hume, 2013). V tomto období růstu, tedy vzrůstá riziko chronického zranění. Kostní tkáň gymnasty/gymnastky je nezralá a je vystavována intenzivnímu tréninkovému zatížení (Kolt & Kirkby, 1999).

### 1.3.3 Mechanismus zranění a rizikové faktory

V odborné literatuře je mechanismus zranění popisován jako základní fyzikální proces zodpovědný za určitou akci, reakci nebo za výsledek vedoucí ke zranění (Whiting & Zernicke, 2008). Na mechanismu zranění se zpravidla podílí několik faktorů (Bahr & Krosshaugh, 2005). Zranění předního zkříženého vazů u kolene nebo zranění laterální části loketního kloubu jsou takovými typickými příklady. Chronická zranění laterální části loketního kloubu jsou většinou zapříčiněná kombinací působení vysoké vertikální reakční síly podložky, axiální kompresní síly působící na loketní kloub, valgózního zatížení (interní addukční moment síly), extenze v loketním kloubu ve fázi kontaktu horních končetin s podložkou, kdy horní končetiny nesou celou hmotnost těla sportovní gymnastky/gymnasty (farana, 2012).



Zranění jen málokdy vzniká působením jen jednoho faktoru. Jedná se spíše o působení komplexu externích a interních rizikových faktorů a jejich vzájemné interakci (Emery, 2010). Autoři Brueggeman a Hume (2013) uvedli model rizikových faktorů, které se podílejí na mechanismu vzniku zranění ve sportovní gymnastice. Ve svém modelu rozdělili faktory zranění na interní (anatomické zvláštnosti, hormonální funkce, nervosvalové funkce, pevnost a tuhost tkání, psychické faktory nebo svalová síla) a na externí (nářadí, náčiní, tréninkové podmínky, závodní podmínky, tréninkové metody, vysoká četnost opakování pohybů). Mezi klíčové rizikové faktory, které zvyšují potenciál zranění patří špatný stav gymnastického nářadí, opakované biomechanické zatížení, snížená svalová síla a nesprávná technika provádění cvičení (Brueggeman, 2010).

#### 1.3.3.1 Interní faktory

Do interních faktorů můžeme dle analytických epidemiologických studií zahrnout somatické, psychosociální a motorické charakteristiky sportovců.

##### *Somatické charakteristiky*

Podle dřívějších studií zranění prodělaly spíše gymnastky, které měly větší výšku, vyšší hmotnost a také vyšší procento tělesného tuku (Kolt & Caine, 2010). Tito autoři také uvádějí, že vyšší hmotnost a větší výška charakterizují gymnastky staršího věku, které jsou na vyšší výkonnostní úrovni. Z tohoto důvodu se může zranění u těchto sportovkyň vyskytovat častěji, protože provádějí komplexnější a náročnější cvičební tvary a dále do toho musíme také zahrnout kumulaci tréninkové zátěže.

##### *Motorické charakteristiky*

Sportovní gymnastika je náročná, rozmanitá sportovní disciplína, kde výkony trvají od několika sekund (skok na přeskoku) až po 90 sekund (sestava na prostných). Má rozdílné funkční požadavky, vyžaduje kombinaci rychlosti, síly, vytrvalosti, pohybové koordinace a flexibility (Daly, Bass & Finch, 2001). Ze studie z roku 1989 vyplynulo, že nedostatečná fyzická (kondiční) příprava je ve sportovní gymnastice rizikový faktor zranění (Caine et al. 1989). Fyzická příprava je klíčovým faktorem v oblasti prevence zranění páteře. Za nejúčinnější strategii je považován rozvoj svalových skupin v oblasti hrudní a bederní páteře sloužící k zajištění kontroly mechanického zatížení. Správně fungující zádové svaly jsou schopny kontrolovat, řídit a vyvažovat hmotnost trupu a

setrvačné síly, které působí na tělo při doskocích (Brueggemann, 2010). Z toho tedy můžeme vyvodit, že cílené posílení svalového korzetu je v gymnastické přípravě důležitou částí, která snižuje riziko zranění.

### *Psychosociální charakteristiky*

Oblast psychosociálních faktorů je jistě důležitou, ale zatím málo probádanou oblastí ve výskytu zranění. Ve studiích, které byly zatím uskutečněny došli autoři k závěrům, že životní stres, byl dle dotazníkového šetření významným prediktorem před následným zraněním sportovních gymnastek (Kolt & Kirby, 1996).

#### 1.3.3.2 Externí faktory

K externím faktorům, které se podílejí na vzniku zranění řadíme technické a materiální vybavení, ochranné pomůcky a techniku provedení pohybu. Samotné gymnastické nářadí a jeho úprava je klíčová v prevenci výskytu zranění (Sands, 2000). Materiální vybavení, které zahrnuje molitanové doskokové žíněky, ochranné límce na kladinu, speciální dopadové molitanové plochy a jámy, také bezpečnostní pásy, napomáhají eliminovat síly působící na kosterně svalový aparát a působí tak jako prevence zranění. Je nutno říci, že velký počet zranění vzniká na základě nevhodného nebo nesprávného použití gymnastického nářadí (Daly et al., 2001). Dále ale, tento autor uvádí, že neexistuje studie, která by validně prokázala účinnost ochranných pomůcek jako prevence zranění.

Moderní systémy, které poskytují okamžitou zpětnou vazbu a jsou přímo zabudovány do gymnastického nářadí, mohou pomoci ke sledování tréninkového zatížení, zjišťovat také stav únavy a zlepšovat techniku cvičení (Bradshaw & Hume, 2012). V tréninku elitních australských gymnastek a gymnastů byl představen systém, který dokáže kontrolovat dobu kontaktu s odrazovým můstkem a dobu trvání kontaktu s přeskokovým nářadím. Systém tak po vyhodnocení vybraných parametrů poskytuje trenérům a sportovcům okamžitou zpětnou vazbu o případných odchylkách sledovaných parametrů. Konkrétně tedy tento systém může z hlediska prevence upozornit na vzrůstající únavu sportovců (Bradshaw, Hume, Calton & Aisbett, 2010).

#### 1.3.4 Prevence vzniku zranění

Prevenci zranění chápeme jako snahu zabránit vzniku úrazu či zranění, nebo také snížit jeho závažnost ještě dříve, než k němu dojde (Jandačka & Uhlář, 2011). Aby měl sport pozitivní přínos pro tělo, musí být na něj sportovec připraven fyzicky i psychicky. Ve sportovní gymnastice můžeme prevenci rozdělit do tří skupin, dle sledu událostí, které k němu vedou (Daly et al. 2001): primární (před událostí), sekundární (během události), terciární (po události). Dále tyto autoři uvádějí, že na prevenci zranění lze pohlížet jako na multifaktoriální problém a taktéž jej můžeme rozdělit do několika kategorií: fyzická příprava (kondiční), vzdělání a vědomosti, pomoc, záchrana, technika pohybu a v neposlední řadě technické vybavení (nářadí, náčiní) a nesmíme zapomenout na správnou léčbu a rehabilitaci. Můžeme si uvést obecný model prevence zranění ve sportu, který je založen na čtyřech krocích (Van Mechelen, Hlobil & Kemper, 1992). V prvním kroku kvantifikujeme a stanovujeme rozsah, závažnost a výsledek zranění. Krok druhý se skládá z vysvětlení příčin mechanismu vzniku zranění. Třetí krok zahrnuje návrhy a aplikování preventivních programů pro snížení výskytu dalšího zranění. V posledním čtvrtém kroku ověřujeme efektivitu realizovaného preventivního programu a to tak, že znova stanovíme rozsah a závažnost zranění (Van Mechelen et al., 1992).

V pravidlech sportovní gymnastiky vydaných Mezinárodní gymnastickou federací (FIG) se nacházejí kapitoly, které se přímo zaměřují na bezpečnost gymnastů při cvičení. Mezi bezpečnostní prvky patří například nařízení používání speciálního molitanového límce u odrazového můstku na přeskoku. Nešťastná událost z roku 1998 kdy čínská gymnastka nedohmátla na přeskokového koně donutila světovou gymnastickou federaci k celkové změně přeskokového nářadí. Po olympijských hrách v roce 2000 byl tradiční přeskokový kůň nahrazen moderním přeskokovým stolem.

<b>Stupeň prevence</b>	<b>Faktory podílející se na prevenci</b>
<b>Primární</b>	Správné rozcvičování před a po tréninkové nebo závodní jednotce Dobrá fyzická kondice, související se specifickou gymnastickou přípravou Faktor prostředí - např. kvalitní pomůcky pro nepřímou pomoc a záchranu Screeningové programy pro identifikaci rizikových faktorů a jejich korekci Trenéři a pomoc Vzdělání trenérů, gymnastů a rodičů Design a konstrukce nářadí a náčiní Správná technika pohybu
<b>Sekundární</b>	Konstrukce nářadí, náčiní a jejich údržba Design konstrukce nářadí a náčiní Individuální ochranné pomůcky - např. mozolníky, gymnastické cvičky, ortézy
<b>Terciální</b>	Okamžitá první pomoc a lékařská péče Adekvátní vybavení pro první pomoc Plná rehabilitace před návratem k tréninku

Obrázek 2: Prevence zranění (Farana, 2018)

#### 1.4 Loketní kloub

Každý kloub se skládá ze dvou částí, a to jsou kloubní jamka a kloubní hlavice. Na povrchu kloubní hlavice je chrupavka, na zpevnění a obalení kloubu se podílí vazy (ligamenta) a kloubní pouzdro. Vazy jsou tvořeny synoviální tekutinou, která vyplňuje nerovnosti mezi kostmi (Kolář, 2009).

Loketní kloub je kloubem složeným. Je tvořen třemi kostmi:

- kost pažní (humerus),
- kost loketní (ulna),
- kost vřetenní (radius).

*Spojení mezi těmito kostmi:*

- kladkový kloub (articulatio humeroulnaris) - spojení humeru a ulny,
- kulovitý kloub (articulatio humeroradialis) - spojení humeru a radia,
- kolový kloub (articulatio radioulnaris proximalis) - spojení radia a ulny.

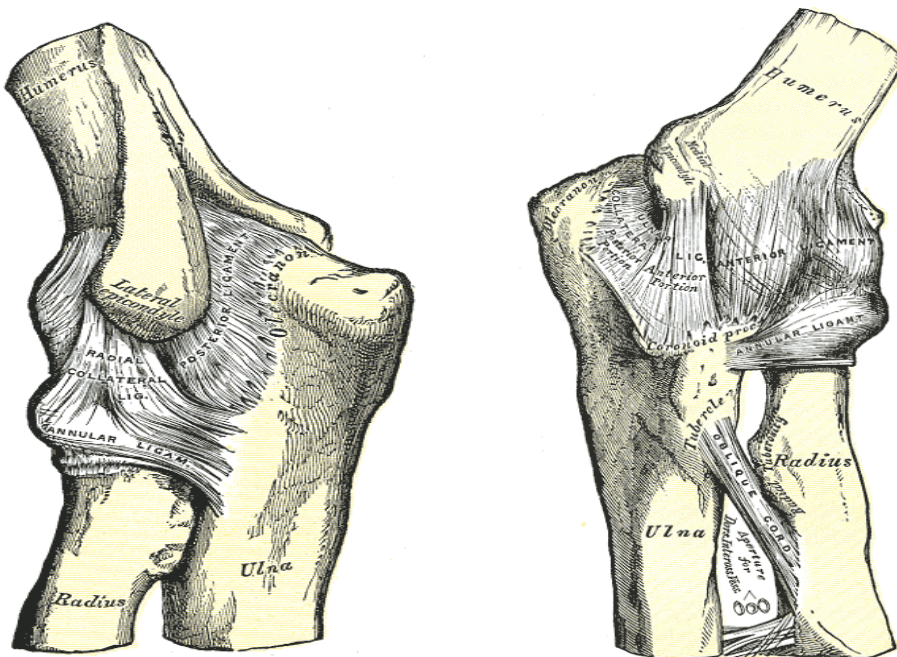
### *Kloubní pouzdro a ligamenta*

Kloubní pouzdro lokte obemyká všechny tři spojení. Jeví se jako slabé, hlavně z přední strany, kde je při ohýbání složeno v příčné řasy. Na zadní straně je chráněno úponovou šlachou trojhlavého pažního svalu (Dylevský, Druga & Mrázková 2000, Přidalová & Riegerová 2008).

Zesílení kloubního pouzdra probíhá za pomoci dvou postranních vazů. Je to potřeba, neboť zepředu i zezadu je kloubní pouzdro tenké.

#### *Postranní vazy:*

- ligamentum collaterale radiale - vnější postranní vaz,
- ligamentum collaterale ulnare - vnitřní postranní vaz.



Obrázek 3: Loketní kloub, pohled zepředu a zezadu (Wikiskripta)

### *Základní pohyby v lokti*

Základním postavením lokte je extense. Ze základního postavení jsou možné tři další pohyby:

- flexe-je možná v rozsahu 125-145°,
- extense-u některých žen, které mají menší olecranon je možná hyperextense, což znamená, že předloktí svírá s paží úhel větší než 180°,
- otáčení radia - pronace a supinace.

#### 1.4.1 Zranění loketního kloubu ve sportu

##### *Disekující osteochondritida*

Latinsky Osteochondritis dissecans. Je zahrnována mezi aseptické nekrózy postihující část okrsku subchondrální kosti kloubu (kost pod kloubní chrupavkou) (Baker, Romeo & Baker, 2010). Podle Singera a Roye (1984) toto zranění postihuje nejčastěji mladé gymnastky ve věku 11-13 let. Tímto onemocněním bývají velmi často ohroženi sportovci gymnastických a oštěpařských disciplín. Je to z důvodu příliš častého namáhání loketního kloubu (opakované hody nad úroveň ramene, pohyby, při nichž horní končetiny nesou celou hmotnost těla) (Aldridge & Willems, 2013). Při těžších stádiích tohoto onemocnění dochází k uvolnění části chrupavky do kloubu a vznikne tak fragment (volné tělíčko). Fragment může zůstat na svém místě, ale také se může stát, že se uvolní ze své původní pozice a pohybuje se volně v kloubní dutině. Tento stav se vyznačuje bolestí, otokem, tuhostí kloubu a omezeným rozsahem v kloubu, může dojít až k „uzamčení“ loketního kloubu. Nejčastěji se to stává u flexe v sagitální rovině (Baker et al., 2010). Příčin může být mnoho, nejčastěji se uvádí úrazy, kdy dochází ke kompresi kosti pod chrupavkou, ale také zranění při, kterém dojde k „ucpání“ cév subchondrální kosti z neznámé příčiny. Ve sportovní gymnastice se jedná o mechanismus, kdy opakující se vysoké kompresní síly působí na loketní kloub, který je ve valgózním (abdukčním) postavení (Jackson et al., 1989). Při včasném a správném zahájení léčby je velká šance pro návrat ke sportovní činnosti (Baker & Plancher, 2010).

### *Laterální epikondylitida*

Tohle zranění, rovněž známo pod názvem „tenisový loket“. V podstatě se jedná o zánět šlach a jejich úponů na laterální straně pažní kosti. Vzniká opakovaným přetížením svalových vláken extenzorů zápěstí, které se upínají na laterální epikondyl kosti pažní, nejvíce m. extensor carpi radialis brevis, m. supinator (Kolář et al., 2009). Projevuje se bolestí přímo v místech úponů postižených svalů, zároveň dochází ke snížení svalové síly a funkčnosti pohybu v loketním kloubu a zápěstí. Ve sportovní gymnastice se laterální epikondylitida vyskytuje zřídka, spíše dochází k záměně s disekující osteochondritidou (Hume et al., 2006).

### *Mediální epikondylitida*

„Golfový loket“ projevující se bolestí na mediální straně loketního kloubu, což je místo úponů flexorů prstů na epikondyl pažní kosti. Stejně jako u laterální epikondylitidy se jedná o zánět šlach, především m. pronator teres. Zvýšená bolestivost se projevuje hlavně při pronaci a flexi zápěstí (Hume et al., 2006). Vznik zejména u jednostranné mechanické zátěže měkkých struktur na mediální straně loketního kloubu (Field & Savoie, 1998).

## 1.5 Zápěstí

Zápěstí je při gymnastických cvičeních vystavováno axiální kompresi, torzním silám, distrakcím a také vysokému zatížení při nárazech na náradí. Nejčastějším zraněním zápěstí jsou zlomeniny distální části kosti vřetenní (Webb & Retig, 2008). Bolest zápěstí může být spojena se zvyšujícím se věkem, narůstajícím objemem tréninkových hodin za týden, nácvikem složitějších cviků a také zahájením sportovní přípravy v pozdějším věku (DiFiori et al., 2006).

### *Zápěstní kosti*

Zápěstí (osa carpi) je tvořeno osmi kostmi, které jsou uspořádány do dvou řad. Tedy proximální řada kostí a distální řada kostí.

Proximální řada kostí:

- člunková/ loďkovitá kost (os scaphoideum) - tvarem je podobná loďce

- poloměsíčitá kost (os lunatum) - představuje krátkou kost, je umístěna uprostřed proximální řady
- trojhranná kost (os triquetrum) – malá kost s protáhlým tvarem, je nepřímo spojená s loketní kostí
- hrášková kost (os pisiforme) – ze zápěstních kostí, je tato nejmenší, je dobře hmatatelná  
(Kolář,2009)

*Distální řada kostí:*

- mnohohranná větší kost (os trapezium) – celou dolní plochou je přilehlá na člunkovou kost, najdeme ji na palcovém okraji
- mnohohranná menší kost (os trapezoideum) – nejmenší kost distální řady, nachází se mezi kostí člunkovou a větší mnohohrannou
- hlavatá kost (os capitatum) – má tvar hranolu a je považována za největší kost zápěstí
- hákovitá kost (os hamatum) – má tvar trojbokého hranolu s hákovitým výběžkem směřujícím do dlaně.  
(Kolář, 2009)

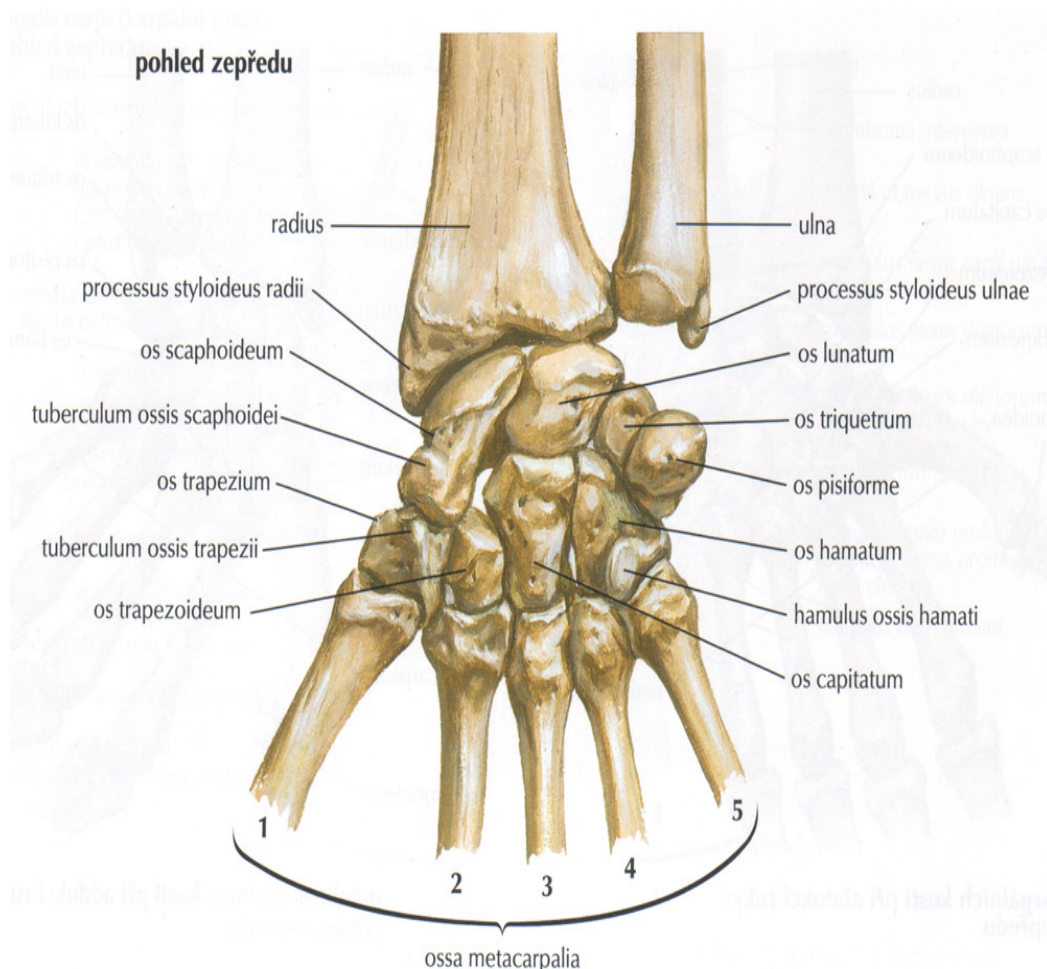
*Kloubní spoje zápěstí*

Zápěstí tvoří mnoho kloubních spojů, které tvoří ucelenou jednotku (Dylevský, Druga, Mrázková, 2000). Dle Sinělnikova (1970) jsou kloubní spojení rozdělena do dvou základních skupin: plynulé a dotykové. U plynulého kloubního spojení jsou základním spojením pojivové tkáně: vazivo, chrupavka nebo srůst kostní tkáně. Dotykové spojení představuje spojení dvou a více kostí, které je pohyblivé.

- articulatio radiocarpalis – nachází se mezi kostí vřetenní (radiem) a kostí loďkovitou, poloměsíčitou a trojhrannou
- articulatio mediocarpalis – tento kloub představuje spojení mezi proximální a distální řadou kostí
- articulatio intercarpales – málo pohyblivý kloub, nachází se mezi samotnými kostmi zápěstí



- articulatio carpometacarpales – toto skloubení umožňuje pohyb palce do opozice (umístění palce oproti ostatním prstům)
- articulatio intermetacarpales – malé klouby mezi záprstními kostmi (Kolář, 2009)



Obrázek 4:Kosti zápěstní (Netter,2005)

### Základní pohyby v zápěstí

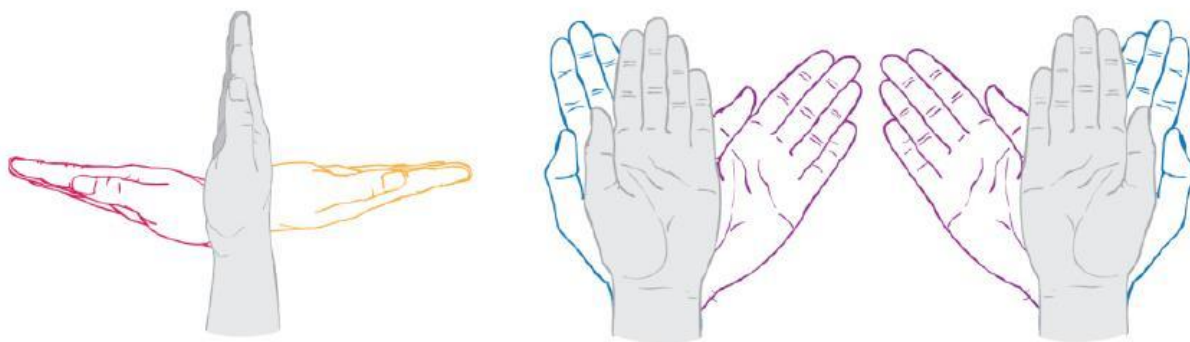
Klouby zápěstí mohou vykonávat následující pohyby:

- dorzální flexe (extenze) – je možná v rozsahu 40 - 60°, při extenzi se pohyb uskutečňuje především mezi radiem a os scaphoideum, a dále mezi radiem a os lunatum
- palmární flexe – rozsah pohybu 60 - 80°, při flexi rotují os lunatum a os capitatum palmárně a současně se os lunatum posunuje dorzálně

(rozsahy flexe a extenze se podle různých autorů liší)

- radiální dukce – při tomto pohybu se posouvá proximální řada karpů ulárně a distální řada radiálně, dochází také k lehké pronaci
- ulární dukce – posun kostí opačně než při radiální dukci, dochází k lehké supinaci
- cirkumdukce – krouživý pohyb zápěstím, složený pohyb flexe-extenze a radiální-ulární dukce
- pronace a supinace – jedná se o pohyb, kdy se obtáčí radius okolo ulny, dochází tak k otáčení ruky hřbetem nahoru a dolů

(Kolář, 2009)



Obrázek 5: Pohyby zápěstí (Kolář, 2009)

Palmární (růžová) a dorsální (žlutá) flexe  
dukce

Radiální (modrá) a ulární (fialová)

### 1.5.1 Zranění zápěstí ve sportu

#### *Únavová zlomenina distálního radia*

Jinak známo pod názvem „gymnastické zápěstí“. Nejčastěji se vyskytuje u sportovních gymnastek ve věku 12-14 let, které trénují 35 hodin a více za týden (Gabel, 1998). Příčinou vzniku tohoto zranění je pravděpodobně poškození růstové chrupavky jako důsledek opakování kompresních sil. K poškození růstové chrupavky může dojít porušením přívodu krve do metafýzy nebo epifýzy (DiFiori et al., 2006). Projevuje se zvýšenou citlivostí distální části vřetenní kosti a také bolestivostí při zvýšené dorsální flexi zápěstí (Webb & Rettig, 2008). Ve sportovní gymnastice je externím rizikovým faktorem vzniku této zlomeniny používání moc měkkých žíněnek (na dohmat horních končetin), ty zvyšují dorsální flexi v zápěstí. Dále to jsou rondátové cviky, které jsou prováděné na přeskoku, kladině či prostných a taktéž vedou ke zvýšení dorsální flexe také k ulnární dukci (Webb & Rettig, 2008).

#### *Stresová zranění os scaphoideum (člunkovitá kost)*

DiFiori et al. (2006) zjistili, že bolestí zápěstí trpí více než 50 % mladých gymnastů a gymnastek. Člunkovitá kost patří mezi druhou nejčastěji poraněnou část zápěstí. V odborné literatuře můžeme najít několik popsaných zranění člunkovité kosti, které vznikají v důsledku provádění gymnastických cvičení. Ke zranění dochází v momentu, kdy na zápěstí v dorsální flexi působí kompresní síly (Webb & Rettig, 2008). Jedná se o tzv. syndrom zaklínění a zlomeninu člunkovité kosti (Linscheid & Dobyns, 1985). Tito dva autoři popsali vznik zranění jako důsledek opakovaných nárazů hřbetního okraje člunkovité kosti proti kosti vřetenní. Opakování těchto nárazů kostí o sebe, se pak projevuje bolestivostí a slabostí na dorsální straně vřetenní i člunkovité kosti, a to hlavně při cvičebních prvcích, u kterých dochází ke zvýšené dorsální flexi v zápěstí. Zlomeniny člunkovité kosti mohou být jak akutního, tak i chronického charakteru. Autoři Weber a Chao (1978) prokázali, že k nejvyššímu riziku této zlomeniny dochází v případě, kdy je zápěstí v dorsální flexi větší než 95°, radiální dukci a současně na zápěstí působí kompresní síla o velikosti 500 - 900 N.

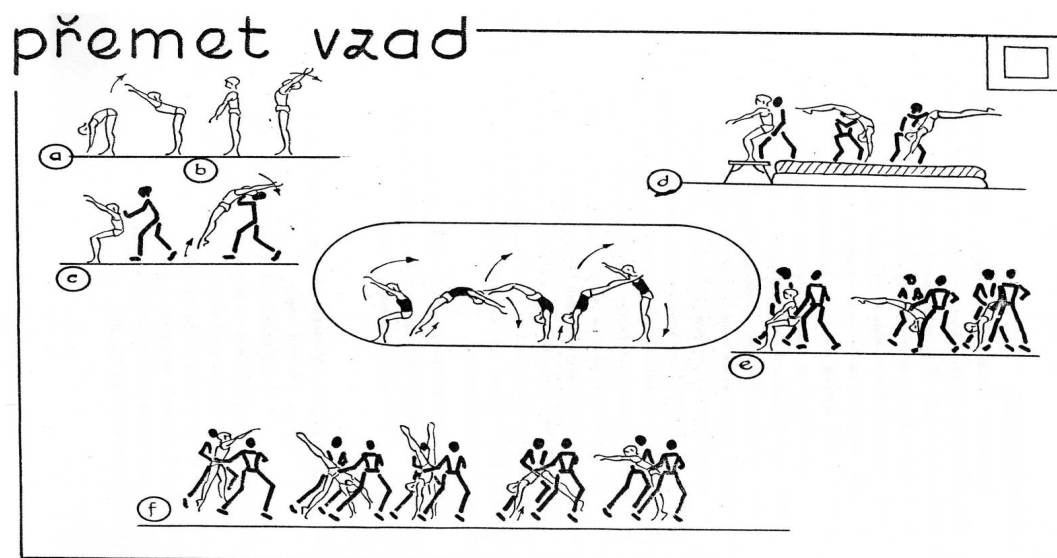
## 1.6 Přemet vzad

Přemet vzad se provádí z místa nebo po „rondátu“ (z rozběhu). Pro správné provedení přemetu vzad z rozběhu, je předpokladem technické zvládnutí přemetu vzad z místa. Přemet vzad nemusí vždy končit doskokem na obě nohy současně, může být zakončen v různých polohách (do „kolébky“, do sedu bočního roznožného atd.).

Výchozí pozice je stoj spatný, paže předpažit. Mírná flexe kolenních a kyčelních kloubů sníží těžiště těla, posun těžiště těla za místo opory vychýlením pánve a trupu směrem dozadu, dojde ke ztrátě rovnováhy vzad. Odraz směrem šikmo vzad vzhůru, rychlá extenze celého těla, hlavně dolních končetin a protlačení pánve směrem dopředu, švih paží do vzpažení vzad. Souběžně s dokončením švihů vzad, zakloní cvičenec hlavu a po odrazu nohou, dochází k přetáčivému pohybu okolo volné osy. Hlavní impulsy k přetáčení vycházejí tedy z odrazu nohou a švihem paží. Získaná rotace je v průběhu letu urychlená zmenšením momentu setrvačnosti a to, záklonem hlavy a prohnutím. Poté následuje dohmat rukama na zem, odraz z rukou a vysazení v kyčelních kloubech. Při dohmatu rukou, musí dojít ke zpevnění celého těla, aby cvičenec mohl využít hybnosti k dokončení přemetu vzad, popřípadě k navázání dalšího akrobatického prvku. Doskok na zpevněné, mírně pokrčené dolní končetiny. Správné technické provedení přemetu vzad, patří mezi základní akrobatické prvky ve sportovní gymnastice.

*Chyby v provedení:*

- V okamžiku odrazu posunutí boků, před místo odrazu,
- Nedokončení švihů pažemi do krajní polohy-vzpažení,
- Předčasné vysazení-před dosažením stoje na rukou.



Obrázek 6: Metodika nácviku (pravidla FIG)

## 1.6.1 Specifikace poloh rukou

U přemetu vzad se ruce na podložku pokládají současně, přičemž je možno použít různou techniku polohy rukou na podložce. Zatím není známo, která z těchto poloh je pro gymnastky a gymnasty optimální. Pro tuto práci byly zvoleny tři způsoby:

- Poloha s prsty vtočenými směrem k sobě



Obrázek 7: Interní postavení (vlastní fotografie)



- Poloha s prsty vytočenými směrem od sebe



*Obrázek 8: Reversní postavení (vlastní fotografie)*

- Poloha kdy zápěstí a prsty jsou rovnoběžně položeny



*Obrázek 9: Paralelní postavení (vlastní fotografie)*

## 1.7 Biomechanická analýza pohybu ve sportovní gymnastice

Pohyb člověka je možné charakterizovat exaktními údaji z oblasti kinematiky a kinetiky pohybu. Biomechanické výzkumy bývají nejčastěji zaměřeny na pochopení provedení techniky pohybu, na vývoj a zdokonalování nových gymnastických dovedností, dále k snížení rizik zranění a zvýšení bezpečnosti, v neposlední řadě také k úpravě či modifikaci gymnastického nářadí.

### 1.7.1 Kinematická a kinetická analýza pohybu

Kinematickou analýzu specifikovali Janura a Zahálka (2004) jako soubor biomechanických metod, které se zabývají pohybem těla v prostoru a čase, bez zaměření na síly, které pohyb zapříčiňují (Hay, 1993). Metody mají základ v analýze záznamu pohybové činnosti člověka. Nejčastěji bývá praktikována kinematografická vyšetřovací metoda a také optoelektronická stereofotogrammetrie (Jandačka, 2011).

#### 1.7.1.1 Optoelektronická stereofotogrammetrie

Při této metodě je analyzován pohyb člověka pomocí identifikace souřadnic bodů v přesně definovaném trojrozměrném prostoru s využitím optoelektronických kamer. Při této metodě je dosahováno přesnějších výsledků než při kinematické vyšetřovací metodě, zejména díky vyššímu rozlišení a přesné identifikaci středu sledovaných značek. Hlavní výhodou je však automatická identifikace sledovaných značek.

#### 1.7.1.2 Videografická metoda

O videografické metodě mluvíme tehdy, pokud je záznam uskutečněn pomocí videokamer. Klíčové body jsou manuálně vyznačovány až v počítačovém softwaru. Tato metoda se využívá zejména v případě, kdy není možné objekt označit pomocí reflexních značek, tedy zejména v terénu. Označování jednotlivých bodů je při této metodě velmi časově náročné. Navíc se poloha segmentu při této metodě často jen odhaduje, následkem toho mohou být nepřesnosti v procesu vyhodnocení záznamu (Farana & Veverka, 2012; Farana et al., 2013).

## 2. Cíle

Cílem práce bylo zjistit, zda se mění zatížení loketního kloubu a zápěstí při změně polohy rukou na podložce v průběhu přemetu vzad u skupiny mladých sportovních gymnastek.

### 2.1 Výzkumný problém a východiska

Horní končetiny představují část těla, která je ve sportovní gymnastice vystavována vysokému a opakovanému zatížení. Může vést ke chronickému zranění hlavních kloubů. Převážně zápěstí představuje často postiženou část těla (Webb & Rettig, 2008). To je způsobeno opakovaným zatížením, zejména při základních pohybových dovednostech. Přemet vzad je základní pohybovou dovedností, která je nezbytnou součástí cvičení na prostných, kladině i přeskoku. Práce řeší, zda existují rozdíly v mechanickém zatížení loketního kloubu a zápěstí ve třech různých polohách rukou, ve fázi kontaktu s podložkou v průběhu přemetu vzad.

### 2.2 Hypotéza

Polohy rukou při kontaktu s podložkou významně ovlivňují mechanické zatížení loketního kloubu a zápěstí. Předpokládáme, že interní poloha bude mít nižší mechanické zatížení, než poloha paralelní a reversní



### 3. Metodika

#### *Výzkumný soubor*

Výzkumný soubor byl tvořen z deseti mladých sportovních gymnastek, jejichž průměrný věk byl  $10,2 \pm 1,4$  let; průměrná výška  $138,2 \pm 6,9$  cm a průměrná hmotnost  $30,7 \pm 4,5$  kg. Všechny gymnastky v souboru měly vyšší než pětiletou zkušenost se systematickým gymnastickým tréninkem a pravidelně se účastnily mistrovských soutěží. Během své sportovní kariéry neprodělaly zúčastněné gymnastky žádné zranění horních končetin, které by mohlo limitovat a také negativně ovlivnit průběh měření a dosažené výsledky. Rovněž při samotném měření neměly žádné zdravotní problémy, které by mohly ovlivnit jeho průběh. Od každého z rodičů gymnastek byl získán podepsaný informovaný souhlas a vysvětlen cíl a účel šetření.

#### *Protokol*

Před samotným měřením provedla každá z gymnastek své individuální rozcvičení a poté tři tréninkové pokusy přemetu vzad se třemi polohami rukou na podložce. Na silové plošiny byly připevněny dva kusy gymnastického koberce (tloušťka 20 mm, Baenfer, Germany), tak aby byly simulovány reálné podmínky, jaké mají gymnastky při samotném cvičení. Pro minimalizaci rizika zranění při doskoku byly použity standartní doskokové žíněnky. Po individuálním rozcvičení a sériích cvičebních pokusů provedly gymnastky 10 pokusů přemetu vzad v každé z požadovaných technik provedení. To znamená 10 pokusů v paralelním postavení rukou na podložce, 10 pokusů v interním postavení rukou na podložce a 10 pokusů v reversním postavení rukou na podložce. Všechny pokusy byly provedeny v náhodném pořadí pro vyloučení efektu učení (Farana et al., 2014).

#### *Experimentální nastavení*

Pro určení dat reakční síly podložky byly použity dvě silové plošiny (Kistler, 9286 AA, Switzerland) s frekvencí 1200 Hz. Pro záznam kinematických dat byl použit systémem optoelektronické stereofotogrammetrie, který sestával z devíti infračervených kamer Qualisys (Qualisys Oqus, Sweden), operujících na frekvenci 240 Hz. Oba systémy

byly navzájem synchronizovány. Prostor, ve kterém probíhal vyšetřovaný pohyb byl kalibrován pomocí kalibrační tyče tvaru písmene T se dvěma reflexními (kalibračními) značkami. Globální souřadný systém byl orientován tak, že osa x byla orientována medio-laterálně, osa y antero-posteriorně a osa z vertikálně. Na horní končetiny a trup gymnastek bylo umístěno celkem 22 reflexních značek o rozměru 12 mm a dvě tuhé destičky (tzv. klastry), na kterých byly umístěny čtyři reflexní značky. Tyto reflexní značky a klastry byly umístěny na význačné anatomické body každé z gymnastek: akromio-klavikulární kloub, rameno, laterální epikondyl kosti pažní, mediální epikondyl kosti pažní, radiální a ulnární styloideus, proximální část třetího metakarpu, dolní-vnitřní úhel lopatky a horní hřeben kyčelní kosti. Dále byly reflexní značky umístěny na sedmý krční a desátý hrudní obratel (Farana et al., 2018).



Obrázek 10: Umístění reflexních značek na tělo sportovní gymnastky (vlastní fotografie)

### *Analýza dat*

Získaná hrubá data byla poté zpracována v programu Visual3D (C-motion, Rockville, MD, USA). Lokální koordinační systém jednotlivých segmentů byl určen při statickém kalibračním záznamu ve stoji na rukou dle předchozí studie (Farana et al., 2014). Dále byla použita Newton-Euler technika inverzní dynamiky pro výpočet interních momentů sil v loketním kloubu a interních reakčních sil v loketním kloubu a zápěstí (Selbie, Hamill, & Kepple, 2014), které jsou vyjádřeny k lokálnímu souřadnému systému segmentu předloktí, respektive nadloktí. Analýza byla zaměřena na oporovou fázi pravé horní končetiny ve třech polohách rukou na podložce při provedení přemetu vzad. Klíčové vyšetřované proměnné byly vybrány na základě předchozích studií v této oblasti (Farana et al., 2014; Farana et al., 2017 a Farana et al., 2018) a zahrnovaly maximum vertikální složky reakční síly podložky (VGRF), maximum interního addukčního momentu síly v loketním kloubu (+ addukce / – abdukce), kompresní síly v loketním kloubu a kompresní síly v zápěstí. Kinetická data byla normalizována na tělesnou hmotnost každé z gymnastek.

### *Statistická analýza*

Pro statistickou analýzu dat byl použit software IBM SPSS Statistics 20 (IBM SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Byly určeny průměrné hodnoty z 10 pokusů pro každou gymnastku v každé z poloh rukou na podložce pro každou závisle proměnnou. Tyto průměry byly použity pro statistickou analýzu. Jelikož byla pomocí Shapiro-Wilk testu potvrzena normalita rozložení experimentálních dat u všech závisle proměnných, byla použita jedno-faktorová analýza rozptylu (ANOVA) pro určení hlavních efektů mezi nezávisle proměnnou „postavení rukou na podložce“ (paralelní postavení rukou, interní postavení rukou a reversní postavení rukou) na závisle proměnné (VGRF, kinematika a kinetika loketního kloubu a zápěstí). Věcná významnost (Effect size = ES) pro analýzu rozptylu byl vyjádřen pomocí  $\eta^2$  a prezentovány jako < 0,01 zanedbatelný; 0,01 – 0,06 malý; 0,06 – 0,14 střední a >0,14 velký efekt (Cohen, 1992). Následně byla provedena párová srovnání pomocí Bonferroniho post hoc testu korekcí. Pro určení věcné významnosti rozdílů v průměrech mezi polohami rukou na podložce byl použit koeficient. Cohenova *d*-Efekt byl uvažován jako zanedbatelný (<0,2), malý (0,21–0,5),

střední (0,51–0,8), a velký (>0,8) (Cohen, 1992). Hladina statistické významnosti byla nastavena na hodnotu  $\alpha = 0,05$ .

## 4. Výsledky

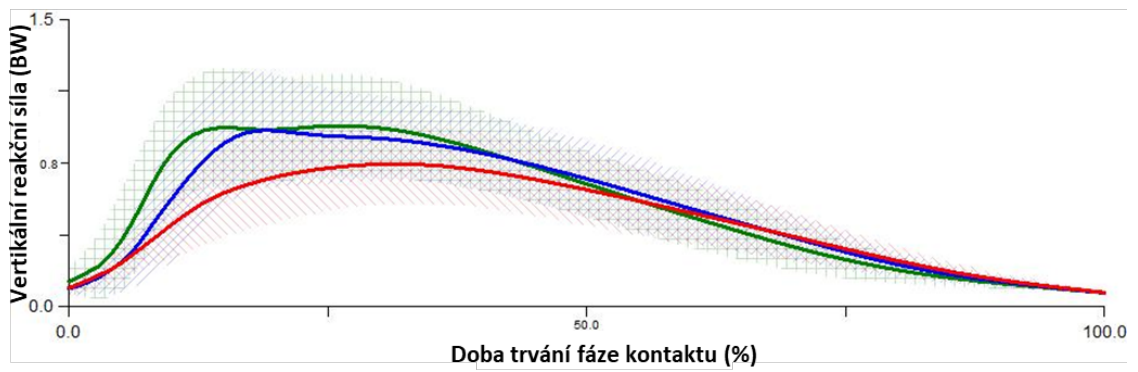
Popisná statistika s průměry, směrodatnými odchylkami a výsledky statistických testů pro vyšetřované proměnné jsou uvedeny v tabulce 1.

Výsledky analýzy rozptylu u přemetu vzad ukázaly statisticky významný hlavní efekt mezi polohami rukou na podložce u maxima VGRF ( $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,75$ ), maxima kompresní síly v loketním kloubu ( $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,65$ ), maxima kompresní síly v zápěstí ( $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,68$ ), maxima interního addukčního momentu síly v loketním kloubu ( $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,77$ ) a maxima úhlu dorsální flexe v zápěstí ( $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,70$ ). Párová srovnání mezi polohami rukou na podložce pro vyšetřované proměnné ukázaly signifikantní rozdíly a velký ES u maxima VGRF mezi paralelním postavením a interním postavením rukou na podložce ( $p < 0,001$ ; ES=1,3) a mezi reversním postavením a interním postavením rukou na podložce ( $p < 0,001$ ; ES=1,3) (Obrázek 11). U maxima interního addukčního momentu síly v loketním kloubu byly zjištěny signifikantní rozdíly a velký ES mezi paralelním postavením a interním postavením rukou na podložce ( $p < 0,001$ ; ES=1,8) a mezi reversním postavením a interním postavením rukou na podložce ( $p < 0,001$ ; ES=1,9) (Obrázek 12). U maxima kompresní síly v loketním byly rovněž signifikantní rozdíly a velký ES mezi paralelním postavením a interním postavením rukou na podložce ( $p < 0,001$ ; ES=1,0) a mezi reversním postavením a interním postavením rukou na podložce ( $p < 0,001$ ; ES=1,1) (Obrázek 13). U kompresní síly v zápěstí byly zjištěny signifikantní rozdíly a velký ES mezi paralelním postavením a interním postavením rukou na podložce ( $p < 0,001$ ; ES=1,1) a mezi reversním postavením a interním postavením rukou na podložce ( $p < 0,001$ ; ES=1,0).

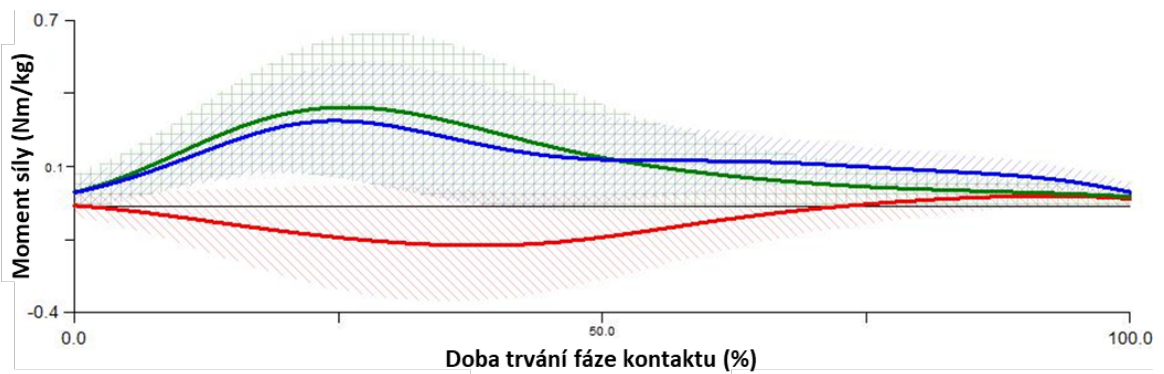
Tabulka 1: Vertikální reakční síly, kinematika a kinetika loketního kloubu a zápěstí pro druhou dohmatovou končetinu během přemetu vzad ve třech polohách rukou na podložce.

Proměnná	Paralelní postavení	Interní postavení	Reversní postavení	ES (PxI)	ES (PxR)	ES (IxR)
<i>Přemet vzad</i>						
Maximum VGRF (BW)	1,18±0,28 <sup>c</sup>	0,89±0,21 <sup>ab</sup>	1,20±0,30 <sup>c</sup>	1,3	0,1	1,3
Maximum addukčního momentu síly v lokti (Nm/kg)	0,43±0,19 <sup>c</sup>	-0,11±0,24 <sup>ab</sup>	0,48±0,24 <sup>c</sup>	1,8	0,2	1,9
Maximum kompresní síly v lokti (N/kg)	-8,95±2,55 <sup>c</sup>	-6,90±1,70 <sup>ab</sup>	-9,20±2,75 <sup>c</sup>	1	0,1	1,1
Maximum kompresní síly v zápěstí (N/kg)	-10,60±2,80 <sup>c</sup>	-8,20±1,80 <sup>ab</sup>	-10,80±2,65 <sup>c</sup>	1,1	0,1	1

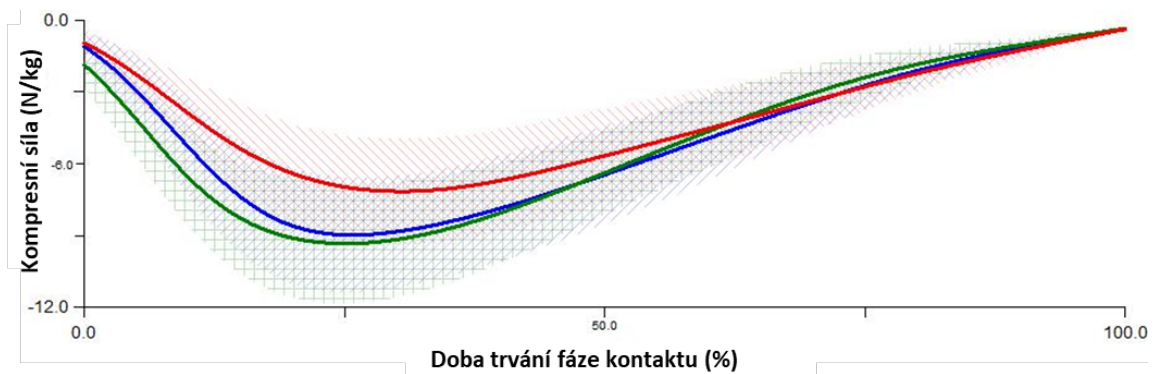
Poznámky: VGRF, vertikální reakční síla; BW, tělesná tíha; Nm/kg, Newton metr na kilogram; N/kg, Newton na kilogram; a = signifikantní rozdíl od paralelního postavení; b = signifikantní rozdíl od reversního postavení; c = signifikantní rozdíl od interního postavení; ES, effect size.



Obrázek 11: Průměr  $\pm$  SD ( $n=10$ ) pro VGRF během přemetu vzad v paralelním (modrá křivka), reversním (zelená křivka) a interním (červená křivka) postavení rukou na podložce ( $n=10$ ).



Obrázek 12: Průměr  $\pm$  SD ( $n=10$ ) pro interní addukční moment síly v loketním kloubu během přemetu vzad v paralelním (modrá křivka), reversním (zelená křivka) a interním (červená křivka) postavení rukou na podložce ( $n=10$ ).



Obrázek 13: Průměr  $\pm$  SD ( $n=10$ ) pro kompresní síly v loketním kloubu během přemetu vzad v paralelním (modrá křivka), reversním (zelená křivka) a interním (červená křivka) postavení rukou na podložce ( $n=10$ ).

## 5. Diskuze

Cílem této práce bylo zjistit, zda rozdílná poloha rukou na podložce (paralelní postavení, interní postavení a reverzní postavení) při provedení přemetu vzad ze stoje spojného ve sportovní gymnastice ovlivňuje biomechanické zatížení loketního kloubu a zápěstí u skupiny mladých sportovních gymnastek. Tato práce navazuje na předchozí studie v této oblasti, které byly zaměřené na základní cvičební tvary rondat a přemet stranou (Farana et al., 2014; Farana et al., 2017 a Farana et al., 2018). Přináší informace o tom, jak se reakční síly podložky, kinematika a kinetika loketního kloubu a zápěstí mění při změně postavení rukou na podložce při provedení dalšího cvičebního tvaru přemetu vzad.

Předchozí studie v této oblasti zjistily vliv rotace předloktí na mechanické zatížení loketního kloubu a zápěstí vrcholových sportovních gymnastek a mladých sportovních gymnastek během provedení rondatu a rovněž přemetu stranou (Farana et al., 2014; Farana et al., 2018). Výsledky této práce ukazují, že u přemetu byly nejvyšší hodnoty maxima VGRF zjištěny u reversního postavení, následovalo paralelní postavení a interní postavení s nejnižší hodnotou maxima VGRF (Tabulka 1 a Obrázek 11). K podobným výsledkům došli také studie Farana et al. (2014 a 2018), kteří zjistili, že nejnižší maximální hodnoty VGRF při rondatu a přemetu stranou jsou v T postavení rukou na podložce, kdy zadní dohmatová ruka je v interní rotaci. Z pohledu základních rizikových faktorů uvádějí Davidson, Mahar, Chalmers a Wilson (2005), že maxima VGRF jsou základním rizikovým faktorem, který zvyšuje zatížení kloubu a tím zvyšuje riziko zranění.

V této práci byly zjištěny rozdíly u interního addukčního momentu síly v loketním kloubu, kdy nejnižší hodnoty byly zjištěny u interního postavení v porovnání s paralelním a reversním postavením rukou na podložce (Tabulka 1 a Obrázek 12). Rovněž tato zjištění jsou v souladu s předchozím výzkumem (Farana et al., 2014; Farana et al., 2018), kdy byly zjištěny u vrcholových, respektive mladých sportovních gymnastek statisticky a věcně významné nižší hodnoty interního addukčního momentu síly v loketním kloubu v reversním postavení ve srovnání s paralelním, respektive reversním postavením rukou na podložce během přemetu vzad. Rovněž u kompresní síly v loketním kloubu byly zjištěny statisticky a věcně významné rozdíly v paralelním postavení a reversním



postavení v porovnání s interním postavením rukou na podložce (Tabulka 1 a Obrázek 13). Předchozí studie Koh, Grabiner a Weiker (1992), uvádějí, že kombinace kompresní síly a interního addukčního momentu síly, které působí na loketní kloub, jsou vysoce rizikové faktory, které přispívají ke vzniku chronických zranění loketního kloubu ve sportovní gymnastice. Předchozí výzkumy ukázaly, že valgozní zatížení loketního kloubu je rizikovým faktorem, který může vést ke specifickým zraněním jako disekující osteochondritida (Jackson et al., 1989).

U zápěstí byly zjištěny nejvyšší hodnoty kompresní síly u reversního postavení rukou na podložce (Tabulka 1). Farana et al., (2017 a 2018) uvádějí, že při T postavení rukou na podložce v porovnání s paralelním, respektive reversním postavením rukou na podložce dochází ke snížení mechanického zatížení snížením kompresní síly v zápěstí a interní rotace zápěstí tak může přispívat ke snížení rizika zranění zápěstí. Rovněž závěry předchozích studií upozorňují na riziko opakovaného a dlouhodobého mechanického zatížení zápěstí, které vedly ke zvýšení rizika zranění distální části kosti vřetenní (DiFiori et al, 2002; DiFiori et al, 2006). Z výsledků této práce vyplývá, že interní postavení rukou na podložce při přemetu vzad může vést ke snížení rizika zranění zápěstí, jak uvádí např. některá trenérská literatura (Sands & McNeal, 2006).

Limity studie jsou zejména v počtu sportovních gymnastek, které se účastnily výzkumu, a výsledky tedy nejde příliš zobecnit a mají tak omezenou externí validitu. Dále byla vyšetřována pouze pravá horní končetina a nevíme, jaká je symetrie mezi končetinami, což by mohlo přinést další zajímavé informace. Zásadní limitou je, že z charakteru výzkumu nelze přesně určit, zda vyšší rizikové faktory opravdu přispívají k výskytu zranění.

## 6. Závěr

Závěry této práce ukazují, že při paralelním a reversním ve srovnání s interním postavením rukou na podložce při provedení přemetu vzad dochází ke zvýšení maxima VGRF, kompresní síly v loketním kloubu a zápěstí a interní addukční moment síly v loketním kloubu. Tyto rozdíly naznačují, že paralelní a reversní postavení rukou na podložce při přemetu vzad může u mladých sportovních gymnastek zvyšovat potenciál zranění loketního kloubu a zápěstí. Tyto závěry jsou důležité zejména u základních cvičebních tvarů, které jsou v tréninku mnohonásobně opakovány a naznačují tedy, že interní postavení rukou na podložce může působit jako prevence proti zvýšenému opakovanému mechanickému zatížení loketního kloubu a zápěstí. Domníváme se, že tyto výsledky mají aplikaci do sportovního tréninku a motorického učení pro bezpečné osvojování si základních pohybových dovedností ve sportovní gymnastice a rovněž klinickou aplikaci z pohledu sportovního lékařství a rehabilitace.

Byla potvrzena hypotéza, že v interní pozici rukou v přemetu vzad při dohmatu, bylo nejnižší mechanické zatížení zápěstí a loketního kloubu.

## Souhrn

Pro tento výzkum byla zvolena základní gymnastická dovednost-přemet vzad. Přemet vzad je základním prvkem pro cvičení na třech gymnastických náradích, prostných, přeskoku i kladině. Proto jsme se domnívali, že výsledky výzkumu mohou přinést důležité informace, nejen pro trenéry, ale i pro samotné sportovce, které budou využity při osvojování této základní dovednosti. Tato práce navazuje na předchozí studie, které byly prováděny také na základních gymnastických tvarech rondátu a přemetu stranou (Farana et al. 2014, Farana et al., 2018).

Teoretická část se zabývá sportovní gymnastikou, prevencí zranění, výskytem zranění ve sportovní gymnastice, faktorům, které zranění mohou způsobovat, dále specifikuje zranění zápěstí a lokte vyskytující se převážně ve sportu. Zápěstí a loketnímu kloubu jsou věnovány samostatné kapitoly. V další kapitole je popisován přemet vzad a jeho metodika nácviku, dále jsou zde uvedeny tři vybrané různé pozice rukou, které jsou při přemetu vzad využívány. Poslední část teorie je věnována biomechanické analýze pohybu a metodám, které využívá.

Praktická část popisuje výzkum, který byl prováděn na skupině deseti gymnastek. Všechny vybrané gymnastky mají za sebou více než pět let systematického tréninku, také se pravidelně účastní mistrovských soutěží, zároveň žádná z gymnastek během své kariéry neprodělala žádné zranění horních končetin. Cílem výzkumu bylo potvrdit nebo vyvrátit hypotézu, zda různé polohy rukou při přemetu vzad mají vliv na zatížení zápěstí a loketního kloubu. Pro výzkum byly vybrány tyto tři polohy: paralelní, interní a reversní. Gymnastky provedly deset pokusů přemetu vzad v každé z vybraných pozic rukou. Pro určení hodnot reakční síly podložky byly použity dvě silové plošiny (Kistler) a pro záznam kinematických dat systém devíti infračervených kamer (Qualisys). Byly zjištěny významné rozdíly mezi polohami. Nejnižší hodnoty interního addukčního momentu síly u loketního kloubu byly zjištěny v interním postavení rukou, rovněž kompresní síla byla v interní poloze nejnižší. U zápěstí byly naměřeny nejvyšší hodnoty kompresní síly u reversního postavení rukou na podložce. Práce naznačuje že interní postavení rukou může působit jako prevence zranění zápěstí a loketního kloubu. Domníváme se, že získané informace lze aplikovat do sportovního tréninku, motorického učení pro bezpečné osvojování základních dovedností ve sportovní gymnastice a také do oblasti rehabilitace a sportovního lékařství.

## Summary

The back handspring as a basic gymnast skill was chosen as the subject of this thesis. The back handspring is one of the essential elements used in three basic instruments of artistic gymnastics: floor, vault and beam. From this point of view the results of the research might bring significant information not only for the coaches but also for individual athletes in skill acquisition. The thesis follows up to previous studies focused on other basic gymnastics elements such as round off and cartwheel (Farana et al. 2014, Farana et al., 2018).

Theoretical part deals with artistic gymnastics, injury prevention, the occupants of injuries in sports gymnastics. It focuses on factors which may cause several injuries, especially wrist and elbow injuries occurring mainly in sports. Separate chapters are devoted to the wrist and elbow joint. The next chapter describes the back handspring and its training methodology. Then there are three selected different hand positions, commonly used in this particular posture. The last part contains information about the biomechanical motion analysis and the methods it uses.

The practical part is based on analysis of ten gymnasts. All selected gymnasts have more than five years of systematic training, including participation in championship competitions. None of the gymnasts have suffered any upper limb injuries during their sports career. The aim of the thesis was to confirm or reject hypothesis whether any of selected hand positions affect the wrist or elbow stress. Parallel, internal and reverse position was chosen. Gymnasts made ten back handspring attempts in each hand position. Two force plate (Kistler) and nine infrared cameras (Qualisys) were used to determine reaction strength values and kinematic data respectively. Significant differences between each position were found. The lowest internal adduction moment of force of the elbow were found in the internal hand position. The highest wrist compression force values were measured by the reverse position. According to the undertaken research the internal hand position maybe considered as suitable for elbow and wrist injury prevention. We assume that gained information may be applied to sports training, into basic concepts of motor learning in artistic gymnastics and to rehabilitation and sports medicine.

## Referenční seznam

Aldridge, S., & Willems, W. J. Treatment and Rehabilitation of Common Upper Extremity Injuries. In D. J. Caine, K. Russell, & L. Lim. (Eds.). *Gymnastics* (pp. 125-136). International Olympic Committee.

Bahr, R., & Krosshaug, T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 324-329.

Baker III, C. L., Romeo, A. A., & Baker Jr, C. L. (2010). Osteochondritis dissecans of the capitellum. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(9), 1917-1928.

Baker, L., & Plancher, D. (2010). *Operative treatment of elbow injuries*. New York: Springer.

Bradshaw, E. J., & Hume, P. A. (2012). Biomechanical approaches to identify and quantify injury mechanisms and risk factors in women's artistic gymnastics. *Sports Biomechanics*, 11(3), 324-341.

Bradshaw, E., Hume, P., Calton, M., & Aisbett, B. (2010). Reliability and variability of day-to-day vault training measures in artistic gymnastics. *Sports Biomechanics*, 9(2), 79-97.

Brown, J. C., Verhagen, E., Knol, D., Van Mechelen, W., & Lambert, M. I. (2016). The effectiveness of the nationwide BokSmart rugby injury prevention program on catastrophic injury rates. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(2), 221-225.

Brueggemann, G. P., & Hume, P. A. (2013). Biomechanics related to injury. In D. J. Caine, K. Russell, & L. Lim. (Eds.). *Gymnastics* (pp. 61-74). International Olympic Committee.

Brueggemann, P. (2010). Neuromechanical load of biological tissue and injury in gymnastics. In R. Jensen, W. Ebben, E. Petushek, C. Richter, and K. Roemer (Chairs), *XXVIII International Symposium of Biomechanics in Sports 2010*. (pp. 108–111). Symposium conducted at the meeting of Department of Health Physical Education and Recreation, College of Professional Studies, Northern Michigan University, Marquette, MI.

- Brueggemann, P. (2005). Biomechanical and biological limits in artistic gymnastics. *XXIV International Symposium on Biomechanics in Sports*. Beijing: China. 15-24.
- Caine, D. J., Lindner, K. J., Mandelbaum, B. R., & Sands, W. A. (1996). Gymnastics. In D. J. Caine (Ed.), *Epidemiology of Sports Injuries* (pp. 213–246). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Caine, D., & Harringe, M. L. (2013). Epidemiology of injury in gymnastics. In D. J. Caine, K. Russell, & L. Lim. (Eds.). *Gymnastics* (pp. 109-124). International Olympic Committee.
- Caine, D., Caine, C., & Maffulli, N. (2006). Incidence and distribution of pediatric sport-related injuries. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *16*(6), 500-513.
- Caine, D., Knutzen, K., Howe, W., Keeler, L., Sheppard, L., Henrichs, D., & Fast, J. (2003). A three-year epidemiological study of injuries affecting young female gymnasts. *Physical Therapy in Sport*, *4*(1), 10-23.
- Cossens, P. (2012). Injury prevention in artistic gymnastics: A guide for coaches and directions for research. In E.J. Bradshaw, A. Burnett, and P.A. Hume (Eds.), *XXX International Symposium of Biomechanics in Sports*. Melbourne: Australia.
- Cupisti, A., D'alessandro, C., Evangelisti, I., Umbri, C., Rossi, M., Galetta, F., ... & Piazza, M. (2007). Injury survey in competitive sub-elite rhythmic gymnasts: results from a prospective controlled study. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *47*(2), 203.
- Daly, R. M., Bass, S. L., & Finch, C. F. (2001). Balancing the risk of injury to gymnasts: how effective are the counter measures?. *British Journal of Sports Medicine*, *35*(1), 8-19.
- Davidson, P. L., Mahar, B., Chalmers, D. J., & Wilson, B. D. (2005). Impact modeling of gymnastic back–handsprings and dive–rolls in children. *Journal of Applied Biomechanics*, *20*(2), 115–128.
- DiFiori, J. P., Caine, D. J., & Malina, R. M. (2006). Wrist pain, distal radial physeal injury, and ulnar variance in the young gymnast. *The American Journal of Sports Medicine*, *34*, 840-849.

- Dylevský, I., Druga, R., & Mrázková, O., (2001). *Funkční anatomie člověka*. Praha: Grada Publishing, spol. s r. o.
- Emery, C. A. (2010). Injury prevention in paediatric sport-related injuries: a scientific approach. *British Journal of Sports Medicine*, 44(1), 64-69.
- Farana, R. (2018). Výběr techniky fundamentálních pohybových dovedností ve sportovní gymnastice: Prevence zranění horních končetin. *Habilitační práce*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě.
- Farana, R., Exell, T., Strutzenberger, G. & Irwin, G. (2018). Technique selection in young female gymnasts: Elbow and wrist joint loading during the cartwheel and round-off. *Journal of Sports Sciences*, 18 (3), 423-430.
- Farana, R., Jandacka, D., Uchytíl, J., Zahradník, D., & Irwin, G. (2017). The influence of hand positions on biomechanical injury risk factors at the wrist joint during the round-off skills in female gymnastics. *Journal of Sports Sciences*, 35(2), 124–129.
- Farana, R., Jandacka, D., Uchytíl, J., Zahradník, D., & Irwin, G. (2014). Musculoskeletal loading during the round-off in female gymnastics: the effect of hand position. *Sports Biomechanics*, 13(2), 123–134.
- Farana, R., & Vaverka, F. (2012). Současné provedení přemetových přeskoků u vrcholových sportovních gymnastek v podmínkách závodu světového poháru. *Česká kinantropologie*, 16(1), 69-80.
- Farana, R., Žitníková, V., & Uchytíl, J. (2016). Analýza výskytu zranění u vrcholových sportovních gymnastek v České republice. *Rehabilitácia*, 53(1), 35-42.
- Fédération Internationale de Gymnastique (FIG). (2013). *2013-2016 Code of points: Women's Artistic Gymnastics*. Lausanne: FIG.
- Field, L. D., & Savoie, F. H. (1998). Common elbow injuries in sport. *Sports Medicine*, 26(3), 193-205.
- Frostick, S. P., Mohammad, M., & Ritchie, D. A. (1999). Sport injuries of the elbow. *British Journal of Sports Medicine*, 33(5), 301.
- Gabel, G. T. (1998). Gymnastic wrist injuries. *Clinics in Sports Medicine*, 17(3), 611-621.

- Gianotti, S. M., Quarrie, K. L., & Hume, P. A. (2009). Evaluation of RugbySmart: a rugby union community injury prevention programme. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(3), 371-375.
- Gianotti, S., Hume, P. A., Hopkins, W. G., Harawira, J., & Truman, R. (2008). Interim evaluation of the effect of a new scrum law on neck and back injuries in rugby union. *British Journal of Sports Medicine*, 42(6), 427-430.
- Hay, J.G. (1993). *The biomechanics of sports technique* (4<sup>th</sup> ed.). Englewood Cliff, NJ: Prentice-Hall.
- Hiley, M. J., & Yeadon, M. R. (2013). Investigating optimal technique in a noisy environment: application to the upstart on uneven bars. *Human Movement Science*, 32(1), 181-191.
- Hume, P. A., Reid, D., & Edwards, T. (2006). Epicondylar injury in sport. *Sports Medicine*, 36(2), 151-170.
- Chilvers, M., Donahue, M., Nassar, L., & Manoli, A. M. (2007). Foot and ankle injuries in elite female gymnasts. *Foot & Ankle International*, 28(2), 214-218.
- Irwin, G., Hanton, S., & Kerwin, D. G. (2005). The conceptual process of skill progression development in artistic gymnastics. *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 1089-1099.
- Jackson, D. W., Silvino, N., & Reiman, P. (1989). Osteochondritis in the female gymnast's elbow. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 5(2), 129-136.
- Jandačka, D. (2011). *Kinetická analýza lidského pohybu*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě.
- Jandačka, D., & Uhlář, R. (2011). *Základy biomechaniky sportu a tělesných cvičení*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě.
- Janura, M., & Zahálka, F. (2004). *Kinematická analýza pohybu člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kerr, Z. Y., Hayden, R., Barr, M., Klossner, D. A., & Dompier, T. P. (2015). Epidemiology of National Collegiate Athletic Association women's gymnastics injuries, 2009–2010 through 2013–2014. *Journal of Athletic Training*, 50(8), 870-878.



- Kinchington, M. A., Ball, K. A., & Naughton, G. (2011). Effects of footwear on comfort and injury in professional rugby league. *Journal of Sports Sciences*, 29(13), 1407-1415.
- Koh, T.J., Grabiner, M.D., & Weiker, G.G. (1992). Technique and ground reaction forces in the flic-flac. *The American Journal of Sports Medicine*, 20(1), 61-66.
- Kolář, P., (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén. 714 s.
- Kolt, G. S., & Caine, D. J. (2010). Gymnastics. In: D. Daine, P. Harmer, and M. Schiff (eds.), *Epidemiology of Injury in Olympic Sports*, Volume XVI, pp. 144-160. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Kolt, G. S., & Kirkby, R. J. (1999). Epidemiology of injury in elite and subelite female gymnasts: a comparison of retrospective and prospective findings. *British Journal of Sports Medicine*, 33(5), 312-318.
- Kolt, G., & Kirkby, R. (1996). Injury in Australian female competitive gymnasts: A psychological perspective. *Australian journal of physiotherapy*, 42(2), 121-126.
- Kremnický, J., (2010). *Zmeny úrovně gymnastických zručností vplyvom špecializovaného programu v etape gymnastickej predpripravy*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, Pedagogická fakulta
- Lindner, K. J., & Caine, D. J. (1990) Injury patterns of female competitive club gymnasts. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 15, 254–261.
- Linscheid, R. L., & Dobyns, J. H. (1985). Radiolunate arthrodesis. *The Journal of Hand Surgery*, 10(6), 821-829.
- Lund, S. S., & Myklebust, G. (2011). High injury incidence in TeamGym competition: a prospective cohort study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6).
- Macan, J., Bundalo-Vrbanac, D., & Romić, G. (2006). Effects of the new karate rules on the incidence and distribution of injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 40(4), 326-330.
- Manning, M. L., Irwin, G., Gittoes, M. J., & Kerwin, D. G. (2011). Influence of longswing technique on the kinematics and key release parameters of the straddle Tkachev on uneven bars. *Sports Biomechanics*, 10(3), 161-173.

- Marshall, S. W., Covassin, T., Dick, R., Nassar, L. G., & Agel, J. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's gymnastics injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988–1989 through 2003–2004. *Journal of Athletic Training, 42*(2), 234-240.
- Moiler, K., Hall, T., & Robinson, K. (2006). The role of fibular tape in the prevention of ankle injury in basketball: A pilot study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 36*(9), 661-668.
- O'Kane, J. W., Levy, M. R., Pietila, K. E., Caine, D. J., & Schiff, M. A. (2011). Survey of injuries in Seattle area levels 4 to 10 female club gymnasts. *Clinical Journal of Sport Medicine, 21*(6), 486-492.
- Owoeye, O. B., Akinbo, S. R., Tella, B. A., & Olawale, O. A. (2014). Efficacy of the FIFA 11+ warm-up programme in male youth football: a cluster randomised controlled trial. *Journal of sports science & medicine, 13*(2), 321.
- Pettrone, F. A., & Ricciardelli, E. (1987). Gymnastic injuries: the Virginia experience 1982-1983. *The American Journal of Sports Medicine, 15*(1), 59-62.
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2008). *Funkční Anatomie I*. Olomouc: Nakladatelství Hanex.
- Saluan, P., Styron, J., Ackley, J. F., Prinzbach, A., & Billow, D. (2015). Injury types and incidence rates in precollegiate female gymnasts: A 21- year experience at a single training facility. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 3*(4), 1-6.
- Sands, B., Caine, D. J., & Borms, J. (2003). *Scientific aspects of women's gymnastics* (Vol. 45). Karger Medical and Scientific Publishers.
- Sands, W. A. (2000). Injury prevention in women's gymnastics. *Sports Medicine, 30*(5), 359-373.
- Sands, W.A., & McNeal, J.R. (2006). Hand position in a back handspring. *Technique, 26*(3), 8-9.
- Scase, E., Cook, J., Makdissi, M., Gabbe, B., & Shuck, L. (2006). Teaching landing skills in elite junior Australian football: evaluation of an injury prevention strategy. *British Journal of Sports Medicine, 40*(10), 834-838.

- Sinělnikov, R. D. (1970). *Atlas anatomie člověka: Nauka o kostech, kloubech, vazech a svalech*. 2. vyd. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, n. p. 460 s.
- Singh, S., Smith, G. A., Fields, S. K., & McKenzie, L. B. (2008). Gymnastics-related injuries to children treated in emergency departments in the United States, 1990–2005. *Pediatrics*, *121*(4), 954–960.
- Swärd, L. et al. (1991). Disc degeneration and associated abnormalities of the spine in elite gymnasts. A magnetic resonance imaging study. In *Spine*, *16* (4), 437-443.
- Van Mechelen, W., Hlobil, H., & Kemper, H. C. (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. *Sports Medicine*, *14*(2), 82-99.
- Webb, B., & Rettig, L. (2008). Gymnastic wrist injuries. *Current Sports Medicine Reports*, *7*, 289–295.
- Weber, E. R., & Chao, E. Y. (1978). An experimental approach to the mechanism of scaphoid waist fractures. *The Journal of Hand Surgery*, *3*(2), 142-148.
- Whiting, W. C., & Zernicke, R. F. (2008). *Biomechanics of musculoskeletal injury* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

## SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1: Model epidemiologie zranění (Farana,2018) .....	11
Obrázek 2: Prevence zranění (Farana, 2018).....	20
Obrázek 3: Loketní kloub, pohled zepředu a zezadu (Wikiskripta) .....	21
Obrázek 4:Kosti zápěstí (Netter,2005) .....	25
Obrázek 5: Pohyby zápěstí (Kolář, 2009).....	26
Obrázek 6: Metodika nácviku (pravidla FIG).....	29
Obrázek 7: Interní postavení (vlastní fotografie).....	29
Obrázek 8: Reversní postavení (vlastní fotografie) .....	30
Obrázek 9: Paralelní postavení (vlastní fotografie) .....	30
Obrázek 10: Umístění reflexních značek na tělo sportovní gymnastky (vlastní fotografie) .....	34
Obrázek 11: Průměr $\pm$ SD (n=10) pro VGRF během přemetu vzad v paralelním (modrá křivka), reversním (zelená křivka) a interním (červená křivka) postavení rukou na podložce (n=10). .....	39
Obrázek 12: Průměr $\pm$ SD (n=10) pro interní addukční moment síly v loketním kloubu během přemetu vzad v paralelním (modrá křivka), reversním (zelená křivka) a interním (červená křivka) postavení rukou na podložce (n=10). .....	39
Obrázek 13: Průměr $\pm$ SD (n=10) pro kompresní síly v loketním kloubu během přemetu vzad v paralelním (modrá křivka), reversním (zelená křivka) a interním (červená křivka) postavení rukou na podložce (n=10).....	39

## SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Vertikální reakční síly, kinematika a kinetika loketního kloubu a zápěstí pro druhou dohmatovou končetinu během přemetu vzad ve třech polohách rukou na podložce.....	38
--	----