

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

VLIV AKUTNÍ ÚNAVY NA NEUROMUSKULÁRNÍ ŘÍZENÍ KOLENNÍHO  
KLOUBU A RIZIKO ZRANĚNÍ U HÁZENKÁŘEK  
VĚKOVÉ KATEGORIE 13 AŽ 15 LET

Diplomová práce  
(magisterská)

Autor: Bc. Michaela Pestlová, tělesná výchova a sport  
Vedoucí práce: Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.

Olomouc 2017

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Michaela Pestlová  
**Název diplomové práce:** Vliv akutní únavy na neuromuskulární řízení kolenního kloubu a riziko zranění u házenkářek věkové kategorie 13 až 15 let  
**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii  
**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.  
**Rok obhajoby diplomové práce:** 2017

**Abstrakt:**

Cílem diplomové práce je vyhodnotit neuromuskulární řízení v oblasti kolenního kloubu u házenkářek U13 a U15 (n = 37). Pro výpočet hodnot byl použit reaktivní index síly a index tuhosti dolní končetiny. Prostřednictvím sledovaných indexů je možné zjistit případná rizika poranění kolenního kloubu. Pro výpočet reaktivního silového indexu bylo použito testovací cvičení, které spočívalo v 5 maximálních vertikálních skocích. Výskoky byly provedeny na kontaktním koberci (Fitronic, Bratislava, Slovensko). Měření indexu tuhosti dolní končetiny bylo provedeno při submaximálním bilaterálním testu poskoků (cca 20 poskoků, frekvence 2,5 Hz). Síla odrazu byla sledována pomocí silové plošiny (Pasco, Roseville, CA, USA). Pro udržení frekvence skoků byl použit metronom Wittner (GmbH & Co. KG, Isny, Německo). Ve výsledcích je patrný významný pokles hodnot tuhosti dolní končetiny i reaktivního silového indexu po zatížení hráček v utkání. Opakované přetěžování hráček může vést ke vzniku poranění ACL, tedy k nejčastějšímu poranění házenkářek. K zamezení možných rizik poranění nám pomáhá monitorování neuromuskulárního řízení prostřednictvím měření hodnot reaktivního silového indexu a indexu tuhosti dolní končetiny.

**Klíčová slova:** *Sport, přetížení, ACL, tuhost dolní končetiny, reaktivní index síly*

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Bc. Michaela Pestlová  
**Title of the master thesis:** Effect of acute fatigue on neuromuscular control of a knee joint and risks of an injury in female handball players aged 13 to 15.  
**Department:** Department of Natural Sciences in kinanthropology  
**Supervisor:** Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.  
**The year of presentation:** 2017

**Abstract:**

The main objective of this dissertation is to evaluate the neuromuscular control in the area of a knee joint in female handball players U13 a U15 (n = 37). Reactive Strength Index and Leg Stiffness Index of lower limb were used for calculations of values. Potential risks, e.g. injuring the knee joint, are possible to assess through the mediation of aforementioned indices. Trial exercise, which consisted of five vertical leaps each maximally preformed, was conducted in order to calculate the reactive strength index. The leaps were performed on a contact pad (Fitronic, Bratislava, Slovakia). The calculation of Leg Stiffness Index was conducted during a sub maximal bilateral test of skips (about 20 skips, frequency 2,5 Hz). The strength of take-off was monitored by a force platform (Pasco, Roseville, CA, USA). Metronom Wittner (GmbH & Co. KG, Isny, Germany) was used to maintain a frequency of the leaps. The results show a perceptible decline in values of Leg Stiffness and Reactive Strength in handball players after a match. Repeated overstraining may lead to development of an injury in ACL, the most frequent injury of hand ball players. Monitoring of neuromuscular control helps us to prevent potential risks of injuries of lower extremities.

**Keywords:** Sport, Overstraining, ACL, Leg Stifness, Reactive Strength Index

I do agree with lending of this thesis within library services.

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

V Olomouci dne 16. 4. 2017

.....

Diplomová práce vznikla za podpory projektu grantové agentury České republiky č. GA16-13750S s názvem „Kumulativní efekt únavy na neuromuskulární řízení kolene a riziko zranění u mladých sportovců během růstu a zrání.“

Děkuji Mgr. Zdeňkovi Svobodovi, Ph. D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování diplomové práce.

V Olomouci dne 16. 4. 2017

.....

## OBSAH

<b>1 ÚVOD</b> .....	1
<b>2 SOUHRN AKTUÁLNÍCH POZNATKŮ</b> .....	2
<b>2.1 Charakteristika období staršího školního věku</b> .....	2
2.1.1 <i>Biologické determinanty staršího školního věku</i> .....	3
2.1.2 <i>Psycho-sociální determinanty staršího školního věku z pohledu PA</i> .....	5
2.1.3 <i>Pohybová aktivita a životní styl dívek staršího školního věku</i> .....	6
<b>2.2 Specifika sportovního tréninku dívek staršího školního věku</b> .....	8
2.2.1 <i>Zdravotní rizika sportování</i> .....	8
2.2.2 <i>Sportovní trénink</i> .....	9
2.2.3 <i>Charakteristika zatížení v házené</i> .....	11
<b>2.3 Únava a zotavení</b> .....	13
2.3.1 <i>Únava</i> .....	13
2.3.2 <i>Zotavení</i> .....	15
2.3.3 <i>Limitující faktory herního výkonu v házené vyvolávající únavu</i> .....	16
<b>2.4 Zranění v házené</b> .....	17
2.4.1 <i>Poranění kolene</i> .....	19
2.4.2 <i>Anatomie kolenního kloubu</i> .....	19
2.4.3 <i>Poranění ACL (předního zkříženého vazy)</i> .....	21
<b>2.5 Nástroje pro hodnocení neuromuskulární koordinace a rizika zranění</b> .....	23
2.5.1 <i>Tuhost dolní končetiny (leg stiffness)</i> .....	23
2.5.2 <i>Reaktivní index síly (RSI)</i> .....	24
<b>3 CÍLE</b> .....	25
<b>3.1 Cíl práce</b> .....	25
<b>3.2 Dílčí cíle</b> .....	25
<b>3.3 Hypotézy</b> .....	25
<b>4 METODIKA</b> .....	26
<b>5 VÝSLEDKY</b> .....	28
<b>5.1 Reaktivní index síly</b> .....	28
<b>5.2 Tuhost dolní končetiny</b> .....	31
<b>6 DISKUZE</b> .....	36
<b>7 ZÁVĚRY</b> .....	41
<b>8 SOUHRN</b> .....	42
<b>9 SUMMARY</b> .....	43
<b>10 REFERENČNÍ SEZNAM</b> .....	44

## 1 ÚVOD

Není pochyb o tom, že v dnešním světě plném chronických neinfekčních onemocnění je sport zásadním faktorem pro udržení zdraví (WHO, 2010). V ČR je téměř 1/5 populace obézní a 1/2 trpí nadváhou (Hainer et al., 2004). Obezita se stala 2. nejčastější příčinou úmrtí hned po kouření (Hainer, 2006). Tato onemocnění, které si člověk způsobuje vlastním zaviněním, nejsou pro stát levnou záležitostí. Americké studie tvrdí, že kdyby každý 10. člověk začal s pravidelnými procházkami, stát by ušetřil 6 miliard dolarů za léčbu kardiovaskulárních nemocí (Vítek, 2008).

Navzdory velkému přínosu sportování s sebou sport nese určitá rizika, kterým bychom měli věnovat pozornost. Právě sportováním narůstá počet dětských úrazů. V roce 2004 bylo na chirurgických odděleních v ČR evidováno 132 152 sportovních úrazů za rok. Děti ve věku 12 – 16 let byly označeny za nejvíce rizikovou skupinu (Truellová, 2007). Z dlouholeté studie Henke, Luig & Schulz (2014) se zjistilo, že 2/3 sportovních úrazů tvoří úrazy ze sportovních her. Nejvíce úrazů (45,8 %) je evidováno z fotbalu. Házená je hned po fotbalu sportem s nejvyšším procentem poranění (15,3 %).

Studie Värzaru (2015) dokazuje, že nejčastějším typem úrazu v házené je poranění kolenního kloubu. Mezi nejčastější typy poranění kolene patří poranění předního zkříženého vazy (ACL). Statistiky ukazují, že 82 % operací ACL je zapříčiněna sportovními úrazy (Mašát, Dylevský & Havlas, 2005).

Na hráčky házené je vyvíjen obrovský tlak, a proto dochází k jejich přetěžování. Dokazuje to studie Šafaříkové (2008) která zjistila, že zatížení hráček ve věku 10 – 14 let neodpovídá jejich tělesným dispozicím. Rodiče, učitelé a trenéři musí znát tato rizika a umět jim předcházet (Junge, Runge, Juul-Kristensen & Wedderkopp, 2015). Většina zranění bývá zapříčiněna zhoršeným neuromuskulárním řízením, v důsledku únavy organismu. Neuromuskulární řízení a biomechanika pohybu zahrnují komplex svalové síly, rychlosti aktivace svalů, strategie řízení pohybu a kloubů, reaktivní síly a svalové tuhosti (Padua, Arnold, Perrin & Gansneder, 2006).

Právě znalost neuromuskulární koordinace nám umožňuje vyhodnotit možná rizika poranění. Relativně novými nástroji pro posouzení neuromuskulárního řízení je *index leg stiffness* a *RSI*. Na základě vypočítání těchto indexů zjistíme, jak velké je riziko poranění ACL, kotníku a třísla (Dallinga, Benjaminse & Lemmink, 2012). Validitu těchto indexů potvrzuje studie Suchomel, Bailey, Sole, Grazer & Beckham (2015).

## 2 SOUHRN AKTUÁLNÍCH POZNATKŮ

### 2.1 Charakteristika období staršího školního věku

Věkové období dívek začleněných do výzkumu (13 – 15 let) je definováno jako období staršího školního věku. Vývoj právě v tomto období je charakterizován vysokým tempem biologicko-psychosociálních změn způsobených činností endokrinních žláz a produkcí hormonů (Perič, 2012).

11. – 15. rok života je označován také jako prepubescentní a pubescentní věk. Pro období je charakteristické markantní zrychlení růstu a z toho důvodu je označováno jako období druhé vytáhlosti. Růst se projevuje především v oblasti dolních končetin a bývá často doprovázen tzv. disharmonickým vývojem, tedy nepoměrem mezi jednotlivými částmi těla. Na končetinách nabývá na síle svalovina, ale při srovnání s robusticitou skeletu je slabá. Více než v jakémkoliv období se uplatňují individuální rozdíly ve vývoji (Vargová & Joukal, 2015).

Podle Periče (2004) vyrostou děti v tomto období i o 50 a více centimetrů a přirozeně zvýší svou hmotnost více než o 30 kg. Společně s kostrou rostou také orgány (srdce, plíce apod.) a mění svou činnost. Všechny změny mají za následek přirozené zvyšování sportovní výkonnosti bez ohledu na to, zda dívka sportuje či nikoli.

Musíme si však uvědomit, že kromě zvýšení výkonnosti organismu jsou zde i zdravotní rizika. Všechny výše zmiňované výrazné změny mají za následek negativní působení, projevující se vyšší náchylností ke vzniku některých poruch hybného ústrojí. Je třeba dbát na správný životní styl a dobré vedení jak rodičem, tak i trenérem.

Perič (2012) popisuje kvalitu prováděných pohybů ve zmiňovaném období:

#### • **Prepubescence (11 – 13 let)**

Dívky mají pohybový projev ekonomický, přesný, dokáží anticipovat vlastní pohyby, rychle se nový pohyb učí a nervová činnost je vyšší. Nesmíme zapomenout na to, že každá dívka prochází změnami individuálním tempem.

#### • **Puberta (13 – 15 let)**

V důsledku rychlého růstu vznikají velké disproporce mezi jednotlivými částmi těla, tím se dívkám zhorší koordinace, zejména přesnost a plynulost pohybů.

Obecně lze říci, že ke zhoršení pohybového projevu v důsledku biologicko-psychosociálních změn dochází kolem 13. roku.



### 2.1.1 Biologické determinanty staršího školního věku

#### **Kosterní soustava**

##### *Osifikace kostí*

Jednotlivé kosti skeletu člověka vznikají za vývoje procesem zvaným osifikace, a to buď z vaziva (*desmogenní osifikace*) nebo z chrupavky (*chondrogenní osifikace*).

Podle Vargové & Joukala (2015) se na růstu kosti do délky u dlouhých kostí podílejí proximální a distální epifyzární chrupavky. Právě ve zmiňovaném období puberty se růstové chrupavky začínají uzavírat – tzv. *fúze*. Teprve do 20. roku života je definitivně ukončen růst kosti do délky. Proto je důležité dodržovat určité zásady, aby nedošlo k přetížení těchto struktur.

Dokončení osifikace u jednotlivých kostí dolní končetiny (Vargová & Joukal, 2015):

- *trochanter minor* – po 14. roce,
- *trochanter major* po 16. roce (srůst proximální epifýzy s tělem femuru až po 17. roce),
- *patella* (čéška) – 8. – 9. rok,
- *fabella* (malá kůstka v kloubním pouzdře kolene, 11 % populace) – po 20. roce.

Z výše popsaného vyplívá, že v zatěžování dívek musíme být zvlášť opatrní, jelikož na některých místech v období puberty ještě není dokončena osifikace.

##### *Osteoartróza*

Osteoartrózou je označováno onemocnění kloubů, postihující synovii, chrupavku i kost. Příčinou vzniku onemocnění bývá nadměrná sportovní zátěž, nadváha či těžké opakované úrazy. Častěji jsou postiženy ženy a bílá rasa. Po 75. roku trpí tímto onemocněním téměř každý.

Na počátku osteoartrózy se postupně rozpadá chrupavka, až je obnažena subchondrální kost. Na kloubních okrajích se z úponů a vazů vytvářejí nové kostní útvary – *osteofyty*. Přilehlé svaly atrofují, kloub se stává nestabilním, viklavým a po zániku kloubní štěrbiny je pohyb úplně znemožněn. Mezi nejčastější typy osteoartrózy řadíme tzv. *gonartrózu*, tedy artrózu kolenního kloubu (Cinglová, 2002).

### *Osteoporóza*

Jedná se o závažné metabolické onemocnění projevující se ve vyšším věku nejčastěji tzv. *osteoporotickými zlomeninami*, které jsou hlavní příčinou morbidity a invalidity starších lidí. Postihuje především ženy.

Nejefektivnější je prevence v dětském věku a právě v době dospívání, kdy si organismus vytváří největší zásoby vápníku. (Poslušná, Březková & Matějová, 2008). Okolo 20. roku života žena dosahuje maximálních hodnot hustoty kostní tkáně. S rostoucím věkem dochází k zeslabování kostních trámců, což je příčinou vzniku únavových zlomenin. Přiměřený pravidelný trénink, dodržování nutričních zásad a procesů zotavování vede ke zpomalování úbytku kostní tkáně. Pro ženy ve věku 11 – 24 let se doporučuje podávání 1200 – 1500 mg kalcia na den (Lehnert et al., 2010).

Kvalita kostní tkáně se zvyšuje, jestliže jsou kosti vystaveny přiměřené zátěži. Za vhodné zatěžování jsou považovány takové aktivity, při kterých dochází ke kontaktu se zemí např. běh, skákání přes švihadlo, basketbal a tenis (Stackeová, 2009).

### *Sportovní triáda*

O tomto termínu mluvíme, pokud se u sportujících dívek diagnostikují následující 3 onemocnění:

- amenorea (porucha menstruačního cyklu),
- osteoporóza,
- sportovní anorexie (porucha příjmu potravy).

Nejvíce jsou ohroženy dívky procházející pubertou a adolescencí. Kombinace těchto nemocí představuje velmi závažné onemocnění (Lehnert et al., 2010).

### **Svalová soustava**

Svaly dětí tvoří pouze 36 % celkové hmotnosti těla, u dospělých je udáváno 44,8 % (Jansa & Dovalil, 2009). Vyplavováním pohlavních hormonů v období puberty se zvyšuje svalová síla. K plnému tělesnému rozvoji dívek dochází na konci dorostového věku (15 – 18 let). Až v tomto období můžeme naplno rozvíjet všechny pohybové schopnosti bez omezení (Bernaciková, 2012).

Podle Wilsona, Birda, O'Connora a Jonese (2007) je v tomto období optimální pracovat s maximální intenzitou 8 – 15 RM (repetition maximum), což odpovídá cca 70 % maxima. I v tomto období je vhodné vyhnout se některým cvikům (mrtvý tah, trh, nadhoz apod.).

V období puberty už můžeme sledovat rozdíly v silových schopnostech mezi pohlavími. Žena má v průměru pouze 2/3 síly mužů.

Ženy mají slabší horní polovinu těla o 45 %, o 35 % slabší trup a dolní končetiny o 30 % slabší oproti mužům. Velký rozdíl je zapříčiněn mnohonásobně nižší hladinou testosteronu u žen. Ženy mají také menší velikost svalových vláken a vyšší podíl tělesného tuku na úkor svalové hmoty (Grasgruber a Cacek, 2008).

### *2.1.2 Psycho-sociální determinanty staršího školního věku z pohledu PA*

V pubertě dochází k výběru zájmových aktivit, kterým se dívky věnují dlouhodobě. Dochází k utváření hodnotových orientací a upevňování názorů a postojů ke sportu (Jansová, 2015).

Vztah k pohybovým aktivitám má základy už v raném dětství. Vývojovým úkolem batolete (1 – 3 roky života) je rozvinout vědomí v sebe sama a separovat se od matky. Základní důvěra v sebe a své schopnosti je vázána v tomto období především na motoriku. Od nejmladšího věku rodina ovlivňuje výběr zájmů a způsob uspokojování hodnot, kterých si bude dítě vážit, které bude opomíjet a ty, před kterými se bude chránit (Hátlová, 2009). Rodiče mladších dětí by měli plánovat čas pro společnou PA, zejména o víkendech a prázdninách, tak aby už od mladého věku byl pro děti pohybový režim samozřejmostí (Dobry, 2009).

V období staršího školního věku, věku plném dramatických proměn těla i duše už dívky rodiče respektovat nechtějí. Jsou ostře kritické vůči dospělým a mají velké výkyvy nálad a názorů. Vedou konflikty s rodiči, učiteli a jinými autoritami, mezi které u sportujících dívek neodmyslitelně patří i trenér. Každý trenér by měl právě zmiňované období respektovat (Helus, 2004).

U pubescentních dívek se projevuje emoční nevyrovnanost. Jedná se o fázi vystupňované aktivity anebo naopak o fázi apatičnosti. To všechno se promítá do motorického projevu, do ochoty podstoupit fyzické zatížení. Studie dokazuje, že u jedinců, kteří se pravidelně věnují výkonnostnímu sportu, přichází prožívání biologicko-psychosociálních změn později a s nižší dynamikou (Kučera, Kolář, Dylevský et al., 2011).

Dobry (2008) se zmiňuje o tom, jak právě prostřednictvím sportu a tělesné výchovy se může systematicky rozvíjet charakter dospívajících dívek. Také rozebírá model výuky sociálně-emočních dovedností např. odpovědnosti, který byl součástí pohybových aktivit (PA) po vyučování. Závěrem studie bylo potvrzení užitečnosti

techniky pro rozvoj vlastností, jako jsou např.: odpovědnost, vůdcovství ohled na práva druhých, úsilí, spolupráce, sebeřízení a stanovení cílů.

Robbins, Jiying, Toruner, Bourne, Pfeiffer & Ling (2016) ve své studii hovoří o tom, že zaměstnání dívek mimoškolní pohybovou aktivitou sníží problémy negativního pubescentního chování. Empirické důkazy potvrzují, že klíčovým faktorem k maximalizaci pozitivních efektů je kvalitní řízení dospělými.

Vliv sociální podpory na úroveň pohybové aktivity potvrdily také výsledky meta-analýzy Laird, Fawkner, Kelly, McNamee & Niven (2016), a proto je žádoucí pomáhat dívkám s výběrem PA. Velké množství dívek většinu sportů odmítá. Proto musíme nabízet takové PA, které dívky osloví (tance, bruslení, plavání atd.).

Dívky můžeme oslovit prostřednictvím benefitů, které jim přinese pohybová aktivita např. vzhled. Helus (2004) se zmiňuje o „dysmorfofobii“ (strachu z vlastního vzhledu), kterou mohou dívky v důsledku změn spojených s dospíváním trpět.

### *2.1.3 Pohybová aktivita a životní styl dívek staršího školního věku*

V posledních více než 10 letech zaznamenáváme nepříznivý trend vztahu dětí a dospívajících k PA. Pohybová aktivita (Hendl & Dobrý, 2011) je až na výjimky nedostatečná a není schopna saturovat potřeby moderního člověka.

V TV je zaznamenán pokles výkonnostní kapacity žáků ZŠ, SŠ i VŠ, včetně markantního rozdílu zvládnutí základních pohybových dovedností běhu, skoku, hodů apod. Tyto změny odrážejí stav vnitřních mechanismů řízení pohybu, jeho energetické zabezpečení aj. (Helešic, 2011).

Pro tento věk se doporučuje minimálně 60 minut PA střední až vysoké intenzity denně, a to jak aerobních, tak posilovacích cvičení. PA střední a vysoké intenzity vhodná pro mládež je např. skateboarding, turistika, kolečkové brusle nebo cyklistika. Vysoká intenzita je charakteristická pro sportovní hry, mezi které patří i házená, dále pak běh na lyžích, tenis, plavání apod. (Stackeová, 2009).

Pilotní studie ročního režimu PA gymnaziálních studentek ukázala vysoké výsledky v počtu kroků za den. Nejaktivnější dívka měla v průměru 8064 kroků za den. Analýza odhalila, že výrazně více kroků udělaly dívky ve školním týdnu. Rozdíl kroků oproti víkendovým dnům činil 4111 kroků za den. Výsledek byl ovlivněn tím, že dívky se pravidelně účastnily mimoškolní PA, konkrétně florbalu (Vašíčková, Pelclová, Frömel, Chmelík & Pelcl, 2008). Z výše popsaného můžeme vyvodit, jak mimoškolní PA ovlivní celkové výsledky v pohybovém režimu dětí.

Další ukazatel, kterým je sledována úroveň PA je počet hodin strávených inaktivitou. Právě tím se zabýval výzkum Sigmund, Fromel, Neuls, Skalik & Groffik (2002), kde se celkový objem inaktivity dívek pohyboval od 4,86 do 5,21 hodin denně. Nejčastější inaktivitou hned po sezení ve škole, bylo sledování televize. Absenci sezení ve škole o víkendových dnech dohnaly dívky delším sledováním televize, nejvýrazněji dívky obézní a se zvýšenou tělesnou hmotností.

O tom jak je mládež informována a vzdělána v oblasti zdravého životního stylu, pojednává studie Vašíčková, Góna-Lukasik, Groffik, Frömel, Skalik, Svozil & Wąsowicz (2012) ve které byly zjištěny neuspokojivé výsledky s ohledem na kurikulární požadavky. Mládeži chybí základní znalosti z oblasti zdravého životního stylu. Hlubší získávání znalostí vyžaduje interdisciplinární spolupráci týkající se pohybu, výživy a zdraví.

Jednou z cest, jak informovat mládež o zdravém životním stylu, může být intervence prostřednictvím sociálních sítí (např. facebook), které jsou v dnešní době mládeži často využívané. Studie zjistila, že tato moderní cesta intervence je pro dívky velmi atraktivní. PA byla na sociálních sítích nejvíce přitažlivá v oblasti sportu a fitness, dále jako prostředek k sebezdokonalování a jako příležitost pro socializaci s přáteli (Van Kessel, Kavanagh, & Maher 2016).

Ve světě jsou také rozšířené tzv. „tábory hubnutí“. Cílem těchto táborů je naučit děti zdravému životnímu stylu a zvýšit jejich sebevědomí. Děti jsou vzdělávány o tom, jak snížit rizika pro vývoj chronických onemocnění nebo jak zmírnit dopady stávajících podmínek spojených s obezitou (spánková apnoe, inzulinová rezistence, hypertenze, dysfunkce dolních končetin atd. (Pratt, Lamson, Collier, Harris, Ballard, Saporito & Crawford, 2009). Na těchto táborech si děti mohou najít kamarády, zjistit, že sportování jde i formou hry a zároveň se naučit o zdravém životním stylu.

Helešic (2011) poukazuje na stále se zlepšující prostorové podmínky pro sportování. Bohužel přibývající sportovní prostory až na výjimky nejsou budovány v blízkosti školských zařízení, a proto musí být mladí sportovci do těchto míst „transportováni“.

Transport z místa na místo je jedna ze strategií, jak zvýšit PA. Nahradit například jízdu autem do školy chůzí či jízdou na kole (Stackeová, 2009).

V podpoře nesoutěžních PA a rekreačního sportu vidíme jednoznačný posun k lepšímu. Nicméně převážná část akcí jsou zaměřena na dospělou populaci („Běh pro život“, „Plave celé město“, „Kolo pro život“, „VW maraton“).

Povinnou školní docházku a její institucionální zabezpečení školskými zařízeními považujeme za nástroj státu k dosažení požadovaných kvalit svých občanů, proto by škola neměla zapomínat na aktivity, které by pomohly k dodržování zdravého životního způsobu už od mladého věku (Helešic, 2011).

Intervence v některých státech začíná už u lékaře. Americkým lékařům se doporučuje zjišťovat úroveň pohybové aktivity při každé návštěvě dítěte a mladistvého v ordinaci. Proti učiteli má lékař značnou výhodu. Využívá efektu „bílého pláště“ a může ujistovat klienta, že PA je pro zdraví stejně důležitá jako jakýkoli jiný lék (Dobry, 2009).

## **2.2 Specifika sportovního tréninku dívek staršího školního věku**

### *2.2.1 Zdravotní rizika sportování*

Je nutné si uvědomit, že dítě není zmenšenina dospělého člověka. Děti mají oproti dospělým méně svalové hmoty, menší vitální kapacitu plic, mají větší flexibilitu, ale ještě nevyzrálou motoriku.

Skelet je nezralý, na kostních koncích se nacházejí růstové spáry, z nichž kosti rostou do délky. V oblasti růstové spáry má kost menší pevnost. Působením nepřiměřené zátěže může vzniknout tzv. *epifyzeolýza* – posun až oddělení epifýzy (konce kosti), na jiných místech tzv. *aseptická nekróza apofýzy* (kostního výběžku). Měli bychom vědět, že růst nebolí a pokud si dítě začne stěžovat na bolest, je nutné mu věřit!

Ze zdravotního hlediska je tedy nevhodná raná sportovní specializace. Při nevhodném somatotypu sportovce tělo netoleruje zvyšující se zátěž a dochází k přetížení. V ČR neexistuje systematický výběr dětí do sportovních oddílů, proto je vhodné nejprve vyšetření u specialistů, kteří dokáží vypočítat budoucí somatotyp dítěte. Výsledkem je předpověď vhodného sportu individuálně pro každé dítě (Martinková, 2013).

Pro děti nejsou nebezpečné běžné PA, které vychází z dětské potřeby. Nebezpečným se stává to, do čeho jsou děti nuceny opakovat dlouhodobě a často (Dvořáková, 2007). Všimněme si, že výrok autorky potvrzuje negativní dopad rané specializace na dětský organismus, který se může projevit i u pozdějších zranění.

Z toho důvodu vytyčuje některá nevhodná cvičení při nedokončené osifikaci kostí a nedokončeném kloubním vývoji:

- jednostranné zátěže, visy a vzpory,
- zvětšování kloubního rozsahu nad fyziologickou mez (rozštěpy, mosty apod.),
- nošení těžkých břemen více než o 10 % své hmotnosti těla,
- dlouhodobé setrvání v polohách (sezení a stání).

Nesmíme však opomenout, že správné sportování dětí je zdravé a pro organismus velmi potřebné. V mnoha výzkumných studiích byla prokázána řada zdravotních benefitů pohybové aktivity mládeže i dospělých. K nejvýznamnějším benefitům podle Stackeové (2009) patří:

- lepší kardiovaskulární zdatnost,
- vyšší svalová síla,
- menší množství tělesného tuku,
- vyšší kvalita kostní tkáně,
- nižší hladina úzkosti a deprese.

Stackeová (2009) ve své studii dokazuje, že děti a dospívající s vyšší pohybovou aktivností mají větší šanci zůstat zdravými i v dospělém věku. Sportování dětí musí být věku přiměřené a nesmí překračovat výše uvedené zásady a doporučení. Pohybová nedostatečnost v dospívání je rizikovým faktorem pro vznik některých chorob v dospělosti.

### 2.2.2 Sportovní trénink

Je neradostnou realitou, že do sportu mládeže se aktivně zapojuje stále menší počet jedinců s mnohdy menší pohybovou zkušeností a nízkou mírou adaptace na pohybovou zátěž. Není na místě rezignace a vyjádření „*oni nic neumí*“ nebo „*dříve byli zdatnější*“. Při zhlédnutí výkonů současné mladé generace vidíme, že při dostatečné motivaci a odpovídajících podmínkách lze dosahovat obdivuhodných výkonů (Helešic, 2011).

Cílem sportovního tréninku dětí a mládeže je vytvářet předpoklady pro dosažení maximální výkonnosti v optimálním věku. Sportovní trénink by měl sloužit jako účinný prostředek celkové odolnosti organismu postupně snášet zvyšující se zatížení a upevňovat zdraví.

Lehnert (2014) uvádí, že správnou cestou zdravého sportovního tréninku mládeže je všestrannost. Nevyplývá z pohybového obsahu budoucí specializace, ale nepřímo ji podporuje. Všeestrannost či vybudování širšího pohybového základu a tím respektování dětského organismu výrazně kontrastuje s výše zmiňovanou *ranou specializací*. Za ranou specializaci označujeme trénink zaměřený pouze na rychlý nárůst sportovní výkonnosti.

Mezi typické znaky rané specializace patří:

- jednostranné zaměření, upřednostňování obsahu specializace,
- snaha o předčasný nárůst sportovní výkonnosti,
- podobnost s tréninkem dospělých (důraz na výkonnost, vážnost, psychický tlak...).

Ke správnému načasování vhodného obsahu tréninku nám slouží znalost tzv. *senzitivních období*. Tato období jsou nejefektivnější pro rozvoj konkrétních pohybových schopností, a pokud se v těchto letech opomíjejí, organismus se později na tyto schopnosti hůře adaptuje. Zahradník a Korvas (2012) uvádí senzitivní období následovně:

- koordinační schopnosti – 7 – 11 let,
- rychlostní schopnosti – 7 – 14 let,
- silové schopnosti – 13 – 15 let,
- vytrvalostní schopnosti – aerobní kdykoliv, anaerobní od 14 – 15 let.

Cacek a Němcová (2014) tvrdí, že rozvoj svalové síly mladých sportovkyň by měl probíhat podle ověřených algoritmů, které minimalizují riziko poranění a z dlouhodobého hlediska zaručují soustavný progres výkonnosti. Silová příprava dívek by měla postupně projít následujícími fázemi:

• **Přípravná fáze**

- Vytyčení cílů, periodizace přípravy, zjištění zdravotního stavu sportovkyně atd.

• **Odstranění svalových dysbalancí**

- Zamezení rizika fixace nevhodného pohybové vzorce nebo prohloubení dysbalance.



- **Fixace techniky cvičení**
  - Správné technické návyky. Cvičení s odporem vlastního těla či využití lehčích pomůcek místo činek (dřevěné tyče).
- **Posílení svalů jádra těla**
  - Slabé jádro zvyšuje riziko zranění a fixaci nežádoucích stereotypů.
- **Silový trénink nízkou intenzitou**
  - Tzv. vytrvalostní síla, práce s odporem 30 – 60 % 1 RM.
- **Rozvoj absolutní a explozivní síly**
  - 60 – 90 % 1 RM nebo také odpovídají velikost odporu 6 – 15 RM.

Zahradník a Korvas (2012) vytyčují 3 priority, které by měl každý trenér mládeže naplňovat:

- nepoškodit fyzicky ani psychicky,
- vytvořit vztah ke sportu jako k celoživotní aktivitě,
- vytvořit pevné základy pro trénink v následné věkové kategorii.

### 2.2.3 Charakteristika zatížení v házené

Házená patří do skupiny kolektivních míčových her, mezi nimiž zaujímá zvláštní postavení. Je mimořádně dynamická a klade vysoké nároky na fyzickou i psychickou stránku hráčky.

Dívky zařazené do výzkumu patří do kategorie staršího žactva. Hrají na hřišti o rozměrech 20 x 40 m. Družstvo se většinou skládá ze 14 hráček, ale ve hře hraje pouze 7. Hrací doba je 2 x 30 min., přestávka mezi poločasy trvá 10 min.. Soutěž staršího žactva je hraná systémem podzim – jaro. Podzimní část je brána jako kvalifikace pro sedmikolovou soutěž *žakovské ligy*, jejíž vítězky získají titul Mistryň České republiky (Šimek, 2005).

### *Fyziologická charakteristika házené*

Vyznačuje se intermitentním charakterem zatížení, tzn. střídáním velmi krátkých úseků (do 10 s.) vysoké intenzity a nízké intenzity zatížení (aktivní a pasivní odpočinek). Během utkání mají hráčky průměrnou intenzitu srdeční frekvence 82 – 89 %  $SF_{max}$ . 75 – 83 % času stráví v zónách intenzity zatížení nad 85 %  $SF_{max}$  (Lehnert, 2014).

Házenkářky překonají v utkání vzdálenost 4 500 – 6 500 m. Na jednotlivých postech můžeme sledovat rozdíly v zatížení organismu. Nejvíce je zatěžován post pivota. Pro úspěšnost řešení herních situací je limitující kvalita výbušných činností (supra)maximálních. Jejich úroveň je závislá na preciznosti motorického učení a připravenosti hráček (Hůlka a Bělka, 2013).

Šafaříková (2008) se ve své studii zabývala zatížením hráček házené. Zjistila, že zatížení hráček ve věku 10 – 14 let neodpovídá jejich tělesným dispozicím.

Mezi hráčkami v období pubescence nacházíme velké somatické rozdíly. Proti sobě nastupují hráčky vzrůstem, hmotností i výkonnostně rozdílné. Trenéři za každou cenu vedou družstvo k vítězství, a proto nechávají hrát jen úzký počet hráček – ty vyspělejší. Výkonnostně nejlepší odehrají převážnou část utkání a jsou minimálně střídány.

V předpubertálním věku není organismus připraven krýt bez následků nadměrné dlouhotrvající zátěže. V tomto věku se nedoporučuje často překračovat SF nad 200 tepů/min., neboť by mohlo dojít k nežádoucím změnám myokardu. Dalším následkem je ubíjení věku přirozených vlastností: rychlosti, výbušnosti, dravosti a také hravosti. Studie Šafaříkové (2008) nás upozorňuje na realitu, která se v dívčí házené vyskytuje.

Přílišná orientace na výsledek se negativně projevuje na systematickém, všestranném a postupném výkonnostním růstu hráček. Podle Šimka (2005) se v žákovských družstvech neustále hledá odpověď na otázku „*Soutěžit či nesoutěžit?*“. Pro soutěživost hovoří především výroky:

- *úspěch založený na poctivém a náročném tréninku zlepšuje tréninkovou morálku,*
- *házená se nehraje na krásu, ale na branky, tedy především na vítězství,*
- *na úspěchu mají zájem rodiče hráček, každý z nich se jejich úspěchy chlubí.*

Proti soutěživosti pak hovoří hlavně to, že:

- *existují i jiné formy posouzení úspěšnosti, než jen orientace na výsledek,*
- *orientace na výsledek svazuje hráčky taktickými úkoly a tím výrazně omezuje jejich herní rozvoj a tvořivost,*
- *primárním cílem práce s mladými házenkářkami se stává prestiž a prezentace práce trenéra, výchova dětí je až sekundární cíl – bohužel nejčastější a nejhrubší chyba práce trenéra.*

Trenér musí zohledňovat věkové a pohlavní zvláštnosti a respektovat určité zásady tréninku: vysoký podíl všestranné přípravy, postupné zvyšování objemu, nepoškodit mladý organismus po stránce zdravotní, pohybové a psychické, zohledňovat školní povinnosti a vytvářet vztah ke sportu jako k celoživotní aktivitě (Moravec, 2009).

## 2.3 Únava a zotavení

### 2.3.1 Únava

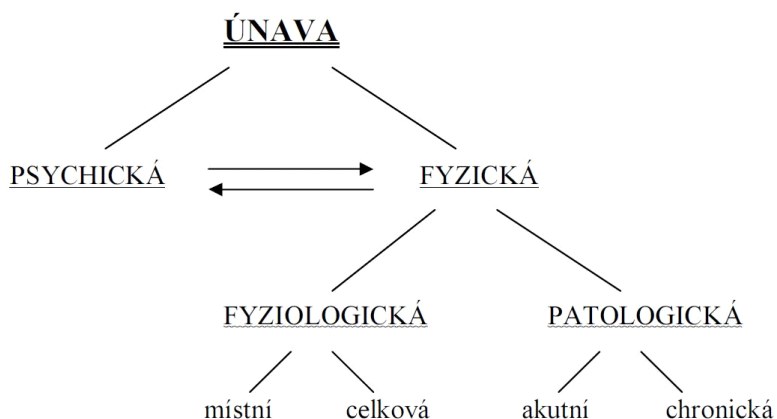
Po anaerobním zatížení rychlostně-silového charakteru, které je typické pro házenou, potřebují dívky mnohem více času na regeneraci. V případě řízeného tréninku jsou citlivější na přetrénování a přetížení a může dojít k procesům únavy.

Únavu definujeme jako komplex dějů, který se nejvýrazněji projevuje poklesem výkonu. Můžeme ji označit za subjektivní pocit (nechuť pokračovat, nouze o dech, slabost, bolesti ve svalích, píchání v boku, zhoršené vnímání) nebo jako objektivní změny pozorované v průběhu a po ukončení zátěže (pokles výkonu, narušení koordinace, reaktivity, výskyt bílkovin v moči apod.). Příčinou únavy je pokles aktivity klíčových buněčných enzymů s následným snížením možnosti obnovy ATP (Jansa a Dovalil, 2009).

#### *Druhy únavy (Obrázek 1)*

Obecně rozlišujeme únavu psychickou a fyzickou. Musíme však vědět, že mezi oběma druhy dochází k vzájemnému působení. Pokud je zatěžován malý počet svalových skupin (lokalizované posilování) jedná se o únavu místní (lokální). V činnostech, u kterých se zapojuje více jak 2/3 svalových skupin nastává únava celková.

Únava je na počátku vždycky jevem *fyziologickým*, překročíme-li práh tolerance zatížení, přechází v *únavu patologickou*. Odpověď organismu je buď okamžitá – *akutní únava* nebo také procesem dlouhodobě se vytvářejícím – *únava chronická* (Pyšný, 1997).



Obrázek 1. Druhy únavy podle Pyšného (1997).

Podle Lehnerta (2014) je fyziologická únava pro řízení tréninku velmi důležitá (cyklus: zatížení – únava – zotavení). V rámci fyziologické únavy musí dojít po jejím nástupu k postupnému vymizení v procesu zotavení. Pokud k vymizení únavy nedojde, únava se stává patologickou (přetížení, přetrénování, schvácení).

Jansa a Dovalil (2009) uvádí, že lehčí stupně patologické, chronické únavy se kromě déletrvajících poklesu výkonnosti projevují poklesem hmotnosti, obranyschopnosti organismu, nechutenstvím, poruchami trávení, pocitu nevolnosti a poruchami spánku.

Těžší stupeň chronické únavy je *přetrénování*, ve kterém se uvedené příznaky prohlubují. Takto narušená vegetativní rovnováha se častěji projevuje převahou sympatiku, tzn. předrážděností, zvýšením klidové SF a pomalým klesáním SF po zátěži.

### *Syndrom přetrénování*

Vzniká v důsledku nadměrné zátěže a nedostatečné regenerace. Projevuje se řadou příznaků (Tabulka 1) a má negativní dopad na výkonnost. Příznaky přetrvávají i po dvoutýdenním odpočinku. Prevalence u mladých sportovců se odhaduje na 20 – 30 %, kde stoupá riziko sportovních úrazů.

Nejspolehlivějším ukazatelem přetrénování bývá snížení  $VO_{2max}$  a pokles hodnot výměny plynů (RQ), což je též snížení intenzity sacharidového metabolismu a deplece glykogenu (Bajzová & Matoulek, 2011). Návrat k původní sportovní výkonnosti ze syndromu přetrénování trvá měsíce až roky. Někdy se sportovkyně už nedokáže nikdy vrátit na vysokou úroveň, na které byla (Lehnert, 2014).

Tabulka 1

*Nejčastější fyziologické a psychologické příznaky přetrénování*

*(Bajzová & Matoulek, 2011)*

Fyziologické	Psychické
Zvýšená klidová TF	Poruchy spánku
Změny klidového TK	Apatie
Zpomalený návrat TF ke klidovým hodnotám	Ztráta sebevědomí
Zvýšená tělesná teplota	Podrážděnost
Ztráta hmotnosti	Nechutenství
Zvýšená potivost	Únava
Zažívací potíže	Deprese, úzkost

### 2.3.2 Zotavení

Zotavení neboli regenerace je biologický proces obnovy přechodného poklesu funkčních a metabolických kapacit organismu. Základním prostředkem je pasivní relaxace a spánek. Po házené lze zotavení urychlit aktivním odpočinkem, např. ve formě vyklusání (cca 20 min. o intenzitě 40 – 70 %  $VO_{2max}$ ), které podporuje odplavení metabolitů ze zatížených svalů.

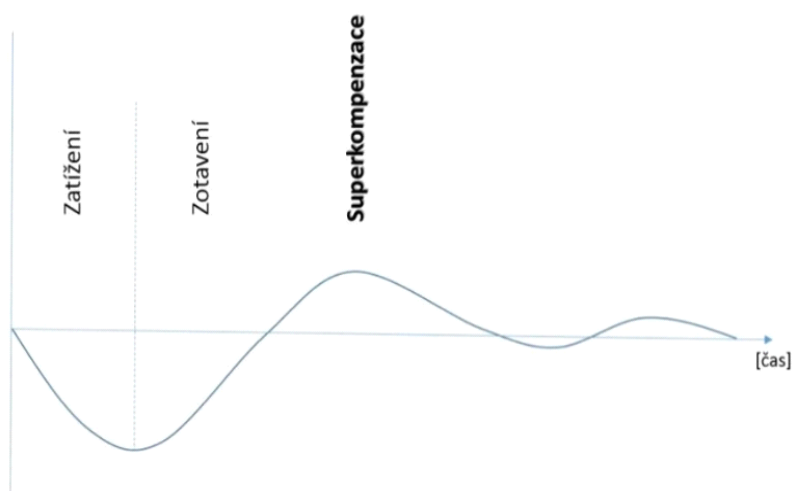
Podobné prokrvující účinky má aplikace tepla, reflexní masáž, akupunktura a akupresura. Odstranění laktátu aktivním zotavením trvá 30 – 60 min., při pasivním odpočinku cca 1 – 2 hod..

Zvýše uvedeného lze vyvodit důležitost závěrečného vyklusání po trénincích, které trenéři často opomíjejí. Obnova zásob svalového glykogenu trvá cca 10 hod. – 2 dny, jaterního glykogenu až 3 dny. Proto je v tomto čase důležitý zvýšený příjem cukrů – vysoce glycidová dieta a doplňování draslíku, který podporuje obnovu glykogenu (Jansa, Dovalil, 2009).

Další možnost jak urychlit regeneraci je podle Lehnerta (2014) správná rehydratace a výživa (antioxidanty, aminokyseliny, proteino-sacharidové nápoje).

### *Superkompenzace*

Úzce souvisí s obnovou energetických substrátů. Superkompenzací označujeme děj, kdy se po tréninkovém zatížení přechodně navýší množství energetických substrátů nad výchozí úroveň (Obrázek 2). Tento okamžik je optimální pro zahájení dalšího tréninkového zatížení. Je to základní princip zvyšování sportovní výkonnosti (Lehnert, 2014).



Obrázek 2. Schématické znázornění průběhu glykogenové superkompenzace (Lehnert, 2014).

#### *2.3.3 Limitující faktory herního výkonu v házené vyvolávající únavu*

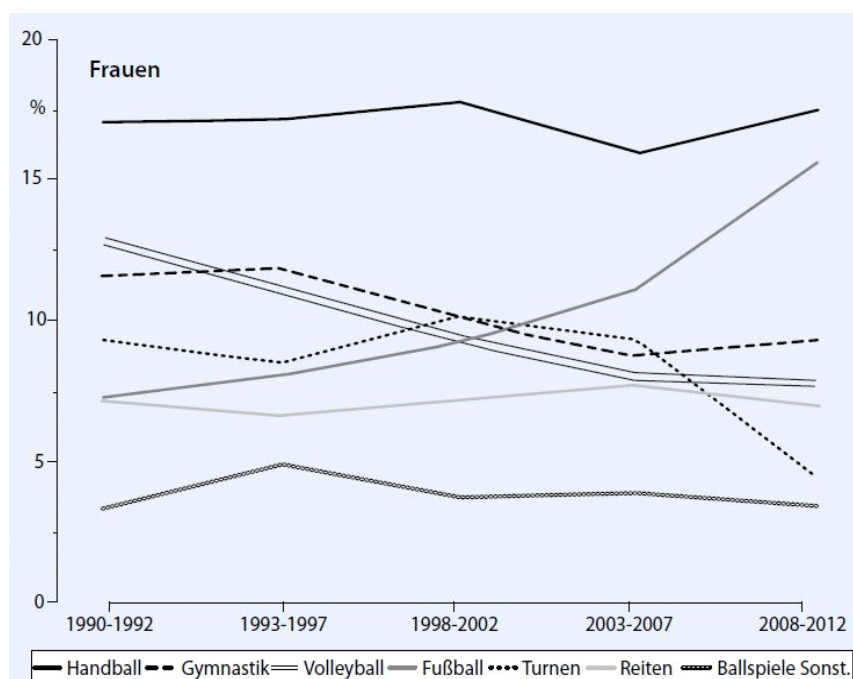
Po 6 s. činnosti (supra)maximální intenzity jsou zásoby kreatinfosfátu redukovány na 35 – 55 %. Ke kompletnímu zotavení dochází přibližně po 5 min.. Vyšší koncentrace kreatinfosfátu na začátku činnosti (supra)maximální intenzity způsobuje inhibici fosfofruktokinázy a tím potencionálně redukuje akumulaci ADP a následně AMP. Krátké intervaly aktivního nebo pasivního odpočinku během herního výkonu vedou pouze k neúplné resyntéze CP. Právě rychlost a míra doplnění zásob kreatinfosfátu je limitujícím faktorem (Hůlka a Bělka, 2013).

Množství svalového glykogenu je limitující pouze při dlouhé činnosti. Jedná se o případy, kdy hráčky hrají téměř celý zápas a nejsou dostatečně střídány, tak jak dokázala studie Šafaříkové (Mužík, Dobrý & Suss, 2008).

## 2.4 Zranění v házené

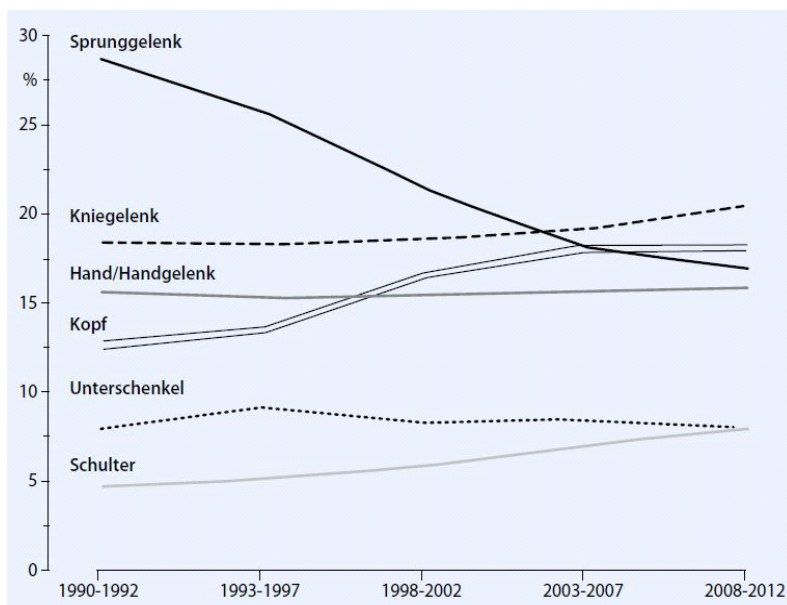
V dnešní době je sport nedílnou součástí zdravého životního stylu. Četné studie poskytují důkazy o zdravotních benefitech sportování. Bohužel miliony sportovních úrazů ročně tyto zdravotní přínosy snižují.

Henke, Luig & Schulz (2014) prováděli od roku 1987 – 2012 výzkum ve sportovních klubech. Prostřednictvím pojišťoven jim byly hlášeny všechny úrazy. Od roku 1987 bylo zaznamenáno 200 884 sportovních úrazů. 2/3 úrazů bylo hlášeno z házené, fotbalu, basketbalu a volejbalu. Z výsledků studie (Obrázek 3.) jasně vyplývá, že házená je sportem s nejvyšším rizikem úrazů u žen.



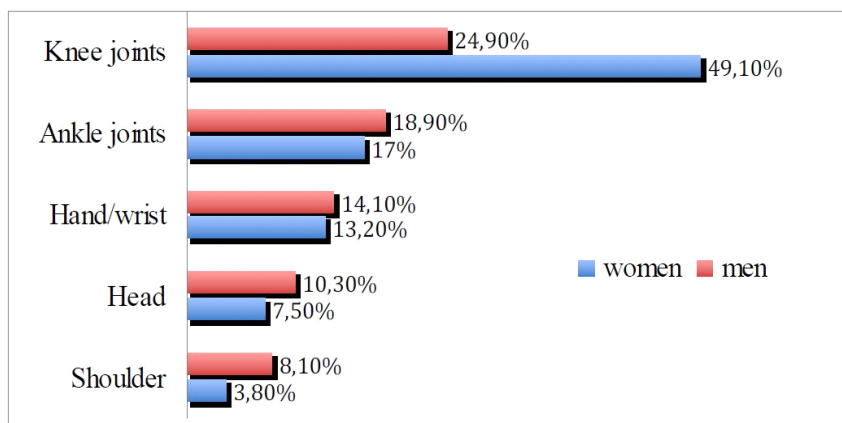
Obrázek 3. Sportovní úrazy žen v jednotlivých sportech v průběhu času, Německo (Henke, Luig & Schulz, 2014).

Stejná studie registrovala i jednotlivé druhy poranění (Obrázek 4). Z grafu je možné pozorovat klesající podíl poranění kotníku (u mužů z 28,2 % na 16,0 %, u žen z 30,2 % na 18,6 %). Naopak poranění kolena vzrůstá u mužů z 19,7 % na 20,5 %, u žen z 14,6 % na 20,0 %.



Obrázek 4. Druhy poranění ve sportovních hrách v Německu (Henke, Luig & Schulz, 2014).

V podobné studii Värzaru (2015), zaměřující se pouze na úrazy v házené se zjistilo, že nejčastějším typem úrazu je poranění kolenního kloubu (Obrázek 5). U žen je vidět markantní rozdíl. Většina těchto úrazů vyžaduje chirurgický zákrok a 3 – 12 měsíců rehabilitace.



Obrázek 5. Zranění házenkářek a házenkářů (Värzaru, 2015).

Vědci tvrdí, že ačkoli se může zdát, že zranění byla způsobena určitým pohybem (výskok, přistání, prudké změny směru apod.), není vyloučena interakce mezi vnějšími a vnitřními rizikovými faktory (Värzaru, 2015).



#### 2.4.1 Poranění kolene

Z výsledků studií (viz výše) již víme, že poranění kolenního kloubu je u házenkářek nejčastějším poraněním. U ostatní populace zaujímá z hlediska četnosti výskytu hned druhé místo za poraněními kotníku (výrony).

Časté je také poranění tzv. měkkého kolene. Podle Martinkové (2013) se poraněním měkkého kolene rozumí poranění vazů, menisků a kloubního pouzdra. Mechanismem úrazů je páčení do stran (Obrázek 8), rotační pohyb těla při pevně fixovaném bérce, násilná flexe (ohnutí) a stranová páka.

#### 2.4.2 Anatomie kolenního kloubu

##### *Kloubní spojení*

Spojení kostí je provedeno dvěma způsoby:

- Pojivovou tkání – vazivem/chrupavkou/kostí.
- Kloubem – vzájemným dotykem styčných ploch.

Kloubní spojení je pohyblivé spojení dvou nebo více kostí, jež se uvnitř vazivového pouzdra dotýkají plochami pokrytými chrupavkou.

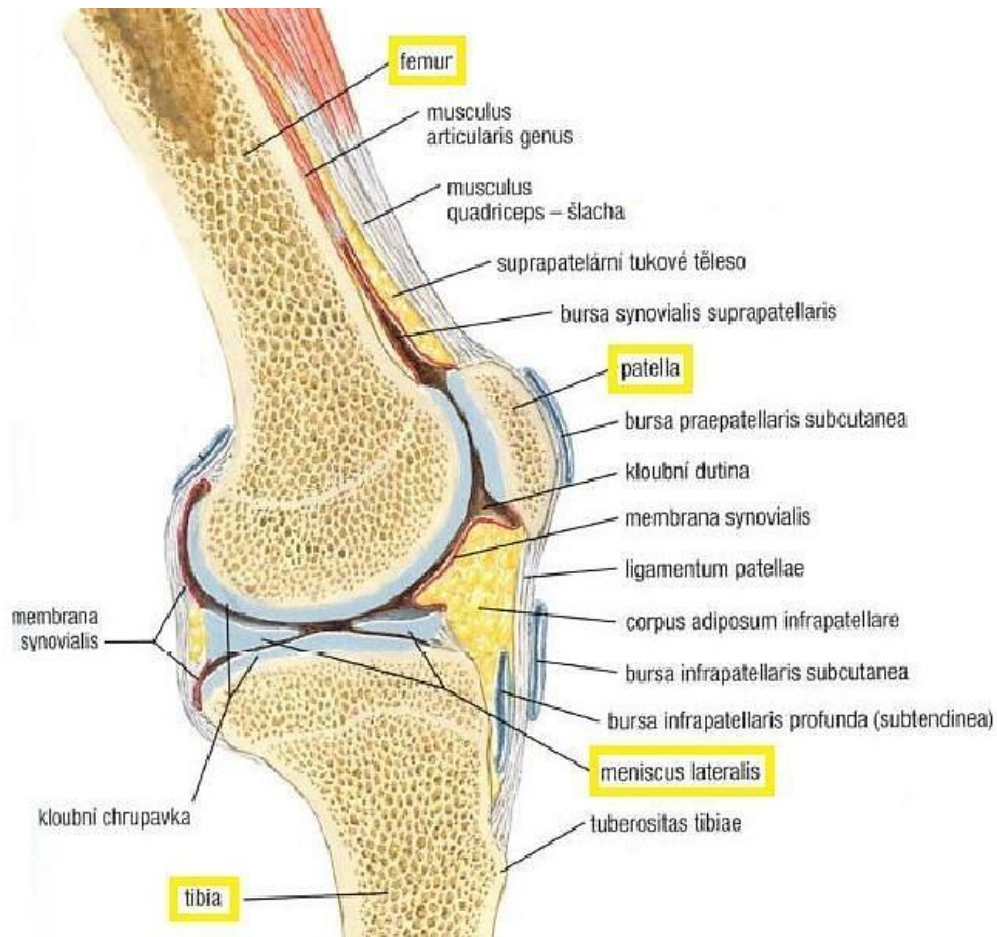
##### *Stavba kloubu*

Uvnitř kloubního pouzdra je kloubní hlavice s kloubní jamkou. Vnitřní povrch pouzdra je vystlán jemnou nitrokloubní blankou, která produkuje kloubní, synoviální tekutinu – *synovii*. Vnější vrstva pouzdra je zesílena kloubními vazy – *ligamenty* (Hemza a Hanzlová, 2004).

##### *Kolenní kloub*

Kolenní kloub je kloubem složeným. Skládá se z 3 kostí, (Obrázek 6) z *femuru*, *tibie* a *pately*. Mezi femur a tibií jsou vloženy *menisky*. Podle toho lze kloub rozdělit na části: kloub menisko-femorální, kloub menisko-tibiální a kloub femoropatelární (Tichý, 2008).

Disky a menisky (chrupavčité ploténky) vyrovnávají nestejněměrné zakřivení kloubních ploch (Hemza a Hanzlová, 2004).

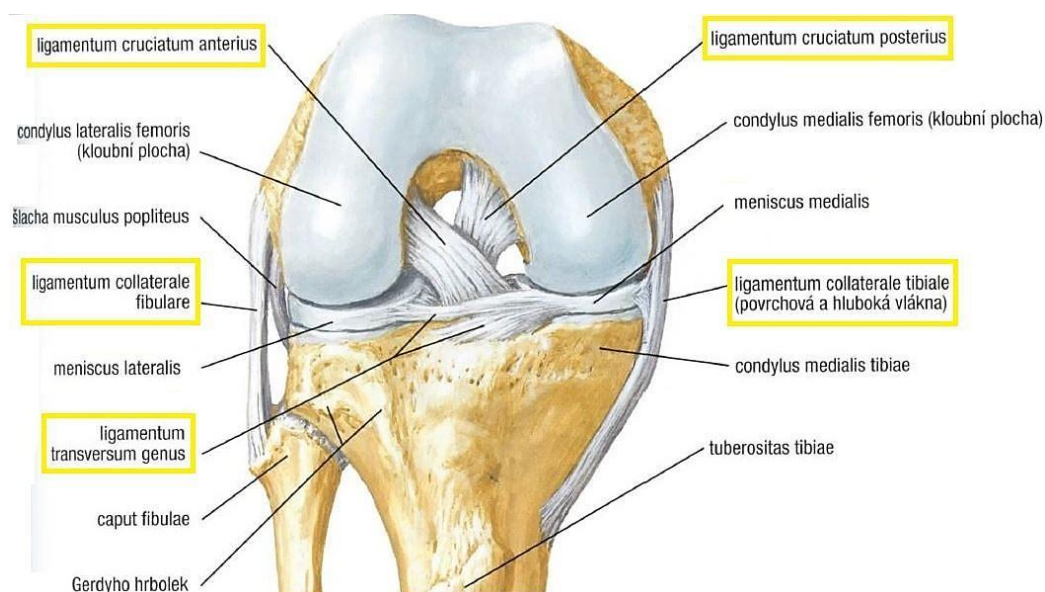


Obrázek 6. Sagitální řez kolenem – laterálně od střední roviny (Netter, 2016).

Patela je zavzata do šlasy čtyřhlavého svalu stehenního a pohybuje se ve žlábkú na přední ploše kosti stehenní. Pasivní stabilitu zajišťují menisky, postranní a zkřížené vazy. Aktivní pohyb a tzv. aktivní stabilizaci zajišťují svaly: čtyřhlavý sval stehenní – *kvadriceps* a svaly zadní strany stehna – *hamstringy* (Martinková, 2013).

Jedná se o kladkový kloub, ve kterém je umožněn pouze pohyb jednosměrný bez stranových posunů. Na obrázku 7 vidíme některé zesilující vazy, které mají velký význam pro stabilitu kolena (Hemza & Hanzlová, 2004):

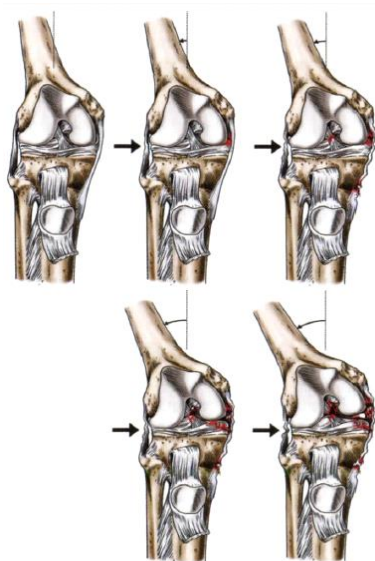
- vazy postranní (*ligamenta collateralia mediale et laterale*),
- vazy přední (*retinacula patellae, ligamentum patellae*),
- vazy zadní (*ligamentum popliteum obliquum, ligamentum popliteum arcuatum*),
- vazy nitrokloubní (*ligamenta cruciata anterior et posterior, ligamentum transversum genus, ligamentum meniscofemorale*),
- vazy drobné.



Obrázek 7. Pravé koleno ve flexi – pohled zepředu (Netter, 2016).

#### 2.4.3 Poranění ACL (předního zkříženého vazy)

K poranění ACL dochází u mladších pacientů nejčastěji při sportovních aktivitách – házená, lyžování a snowboarding. Jedná se především o násilné rotační pohyby, často kombinované se silou působící ze stran kloubu, tzn. ve valgózním nebo varózním směru (Obrázek 8). Jelikož jde ve většině případů o mladé pacienty, poranění jsou závažná, často s trvalými následky na funkci kolenního kloubu (Mašát, Dylevský a Havlas, 2005).



Obrázek 8. Mechanismus vzniku poranění tzv. měkkého kolene (Martinková, 2013).

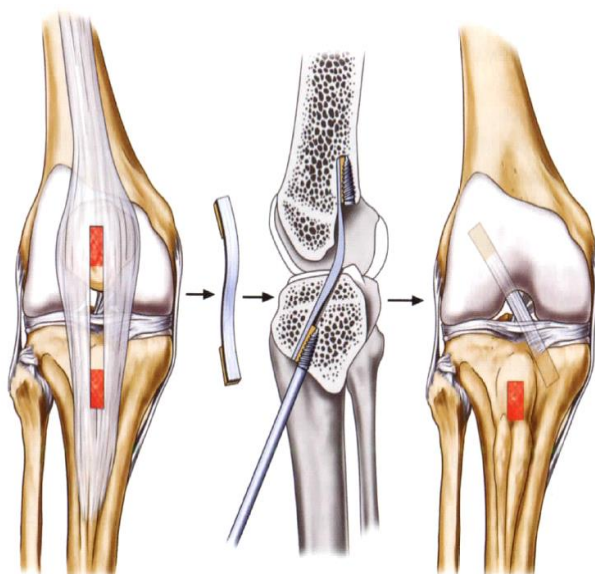
ACL je primárním stabilizátorem ventrálního posunu tibie vůči femuru, vnitřní rotace bérce a hyperextenze kolena. Nejčastějším mechanismem úrazu je nepřímé násilí působící na kolenní kloub, zejména násilná abdukce a zevní rotace bérce (Philippou, Kautzner, Hladký, Šťastný a Havlas, 2015).

Výsledky diagnostické metody – artroskopie dětského kolena ukázaly, že incidence poranění ACL je v dětském a adolescentním věku jen o něco málo nižší, než ve věku dospělém. Většina autorů se shoduje v tom, že následky vyplývající z nestability kolenního kloubu po poranění ACL v dětském věku jsou daleko závažnější než ve věku dospělém (Straka, 2013).

V současné době se provádí intraartikulární anatomická rekonstrukce ACL. Jedná se o výkon náročný, avšak kauzální. Nejběžnějším typem těchto operací jsou náhrady ACL štěpem z *ligamentum patellae* nebo šlachou z *musculus semitendinosus* (Mašát, Dylevský a Havlas 2005).

#### *Plastika ACL*

Operační řešení ACL je pro pacienty od 15 let dostatečně bezpečnou metodou léčby obdobně jako u dospělých pacientů. U mladších pacientů, kdy ještě není zcela uzavřena růstová ploténka je ale operace náročnější a rizikovější (Philippou, Kautzner, Hladký, Šťastný a Havlas, 2015). Na obrázku 9 vidíme operační postup provedení náhrady ACL, tzv. BTB (bone – tendon – bone) štěpem (Martinková, 2013).



Obrázek 9. Odběr BTB štěpu a jeho umístění v koleni (Martinková, 2013).

## 2.5 Nástroje pro hodnocení neuromuskulární koordinace a rizika zranění

Vzhledem k rizikovým následkům poranění v oblasti dolní končetiny prudce stoupá význam prevence.

Existují nástroje, které dokáží identifikovat, zda je sportovec vystaven riziku zranění. Analýza ukázala, že screeningové nástroje mohou být prediktivní konkrétně pro zranění ACL, třísla nebo kotníku (Dallinga, Benjaminse & Lemmink, 2012).

### 2.5.1 Tuhost dolní končetiny (*leg stiffness*)

Těžiště člověka je vystaveno neustálým výkyvům pohybu, zpomalování a zrychlování. Aby tělo odolávalo mechanickým silám, musí mít určitou vlastnost elasticity. Elastická vlastnost umí absorbovat a obnovovat energii prostřednictvím systému svalů a šlach. Umožňuje tkáním vrátit se do původního tvaru. Chování můžeme přirovnat k chování pružiny. Jednou z tkání, která se chová jako pružina, absorbuje a uvolňuje elastickou energii během lidského pohybu, je Achillova šlacha. Odhaduje se, že Achillova šlacha je schopna akumulovat 35 % mechanické energie potřebné k chůzi či běhu (Struzik & Zawadzki, 2016).

Tuhost nohy nezávisí pouze na svalech a šlachách, ale na celém systému dolní končetiny (kosti, cévy, vazy atd.). Ferris et al. (1998) konstatuje, že podle terénu, na kterém se noha pohybuje nejčastěji, můžeme odhadnout tuhost nohy. Obecně lze říci, že běžci, kteří jsou zvyklí pouze na měkký povrch, mají tuhost nohy vyšší, než běžci, pohybující se nejčastěji na povrchu tvrdém.

Pro kvantitativní měření elastických vlastností existuje měření indexu tuhosti dolní končetiny (*leg stiffness*). *Leg stiffness* představuje míru odolnosti tkáně proti namáhání. Dalleau, Belli, Viale, Lacour & Bourdin (2004) představili novou metodu pro stanovení tuhosti nohy prostřednictvím skokových cvičení. Metoda je nenáročná na technické vybavení a test je dobře proveditelný v terénních i v laboratorních podmínkách. Podle Blanda a Altmana (1986) byly výsledky metody stanoveny za přijatelné pro posouzení tuhosti dolní končetiny.

Pomocí indexu *leg stiffness* zjišťujeme riziko poranění kolenního kloubu. Podle Struzika a Zawadzkeho (2016) jsou velmi nebezpečné nízké hodnoty tuhosti dolní končetiny a mohou vést ke zraněním měkkých tkání a kloubů.

Tuhost dolní končetiny definujeme jako poměr maximální reakční síly a maximální míra flexe dolní končetiny během došlapu na podložku (Ferris et al., 1998).

### 2.5.2 *Reaktivní index síly (RSI)*

RSI neboli *reactive strength index* byl vyvinut pro sledování zatížení komplexu svalů a šlach během plyometrických cvičení. Popisuje míru schopnosti jedince vyvinout reaktivní a výbušnou sílu. Vyhodnocuje přechod z excentrické fáze kontrakce na svalovou kontrakci koncentrickou (Flanagan, Ebben & Jensen, 2008).

RSI a poměr doby letové fáze a doby kontrakce (FT: CT) slouží k monitorování sportovního výkonu. Výsledky informují o výkonnostním stavu sportovců, určují optimální zatížení a hodnotí individuální úroveň (Martinez, 2016).

Čím vyšší jsou hodnoty RSI, tím má sportovec vyšší úroveň reaktivní silové schopnosti (Dalleau, Belli, Viale, Lacour & Bourdin, 2004).

Reaktivní síla je schopnost vytvořit optimální silový impuls v cyklu natažení – zkrácení svalu. V průběhu krátké amortizační fáze dochází k nahromadění elastické energie a cca do 200 – 250 ms., následuje fáze maximálního zrychlení těla ve směru prováděného reaktivního pohybu. Její podstatou je plyometrická svalová kontrakce (Lehnert, 2014).

Plyometrickým cvičením se zlepšuje motorický výkon, obratnost a ekonomika běhu. Skok do hloubky je jeden z nejpoužívanějších plyometrických cviků. Ihned ze skoku do hloubky musí sportovec provést vertikální výskok, tak aby kontakt s terénem byl v co nejkratším čase (Flanagan, Ebben & Jensen, 2008). Vertikální skok je považován za hlavní ukazatel výkonnosti u většiny sportů a je používán téměř ve všech kondičních programech (Martinez, 2016).

Podle Martineze (2016) může RSI,  $RSI_{mod}$  a FT : CT poskytnout další vhled do nervosvalového stavu sportovců. Tyto indexy dokáží spolehlivě analyzovat systém svalů a šlach. Mohou se používat také jako výkonnostní testy.

Ukázaly se jako platné, spolehlivé a citlivé ukazatele. Flanagan, Ebben a Jensen (2008) uvádějí vysokou spolehlivost těchto metod. Validitu indexů potvrzuje také Suchomel, Bailey, Sole, Grazer & Beckham (2015).

### **3 CÍLE**

#### **3.1 Cíl práce**

Vyhodnotit neuromuskulární řízení v oblasti kolenního kloubu u hráček házené a posoudit tak zvýšené riziko zranění v důsledku akutní únavy.

#### **3.2 Dílčí cíle**

- Porovnat neuromuskulárního řízení v oblasti kolenního kloubu před a po soutěžním utkání.
- Porovnat neuromuskulárního řízení v oblasti kolenního kloubu v přípravném a soutěžním období.
- Porovnat neuromuskulární řízení v oblasti kolenního kloubu mezi házenkářkami U13 a U15.

#### **3.3 Hypotézy**

- Bezprostředně po utkání dojde ke snížení indexu svalové tuhosti ve srovnání se stavem před soutěžním utkáním.
- V soutěžním období budou hodnoty indexu svalové tuhosti nižší ve srovnání se stavem v přípravném období.
- Házenkářky U13 budou mít nižší hodnoty svalové tuhosti v porovnání s házenkářkami U15.
- Bezprostředně po utkání dojde ke snížení reaktivního silového indexu v porovnání se stavem před soutěžním utkáním.
- V soutěžním období budou hodnoty reaktivního silového indexu nižší ve srovnání se stavem v přípravném období.
- Házenkářky U13 budou mít nižší hodnoty reaktivního silového indexu v porovnání s házenkářkami U15.

## 4 METODIKA

### *Soubor*

Soubor tvořilo 19 házenkářek kategorie U13 (věk  $13,2 \pm 0,7$  let, výška  $163,0 \pm 8,0$  cm, hmotnost:  $54,8 \pm 9,6$  kg) a 18 házenkářek kategorie U15 (věk  $15,2 \pm 0,5$  let, výška  $167,0 \pm 5,3$  cm,  $61,8 \pm 6,3$  kg).

### *Metody*

- Silová plošina (Pasco, Roseville, CA, USA),
- kontaktní koberec (Fitronic, Bratislava, Slovensko).

### *Průběh měření a zkoumané parametry*

#### *Rozcvičení*

Dívky absolvovaly před každým testováním společné rozcvičení. Nejprve se lehce rozklusaly, pak následovalo dynamické rozcvičení celého těla. Na závěr dívky imitovaly speciální skoková cvičení sloužící k přípravě na samotné testování.

#### *Tuhost dolní končetiny (Leg stiffness)*

Měření tuhosti dolní končetiny bylo prováděno při submaximálním bilaterálním testu poskoků. Skoky byly prováděny frekvencí 2,5 Hz.

Druhým parametrem měření byla relativní tuhost dolní končetiny. Byla normalizována délkou dolní končetiny a tělesnou hmotností. Dívky byly požádány, aby prováděly za sebou jdoucích 20 skoků. Každá dívka měla 3 série pokusů. Frekvence skoků byla udržována pomocí metronomu Wittner (GmbH & Co. KG, Isny, Německo). Tuhost nohy byla vypočítána podle rovnice Dalleau, Belli, Viale, Lacour & Bourdin (2004) z tělesné hmotnosti, doby kontaktu s podložkou ( $T_c$ ) a letové fáze ( $T_f$ ).

$$\text{Tuhost nohy} = [m * \pi (T_f + T_c)] / T_c^2 * [(T_f + T_c / \pi) - (T_c / 4)],$$

kde  $m$  je hmotnost subjektu,  $T_f$  – doba letu,  $T_c$  – doba kontaktu.

#### *Reaktivní index síly (Reactive strength index)*

Testovací cvičení pro výpočet reaktivního silového indexu spočívalo v 5 maximálních vertikálních skocích. Dívky byly instruovány tak, aby výskoky provedly co nejvýše a zároveň co nejrychleji.



Výskoky byly provedeny na kontaktním koberci (Fitronic, Bratislava, Slovensko).  
Proměnná RSI byla vypočtena podle rovnice:

$$\text{RSI} = \text{výška skoku (mm)} / \text{doba kontaktu (ms)}$$

### ***Antropometrie***

Na úvodní familiarizaci dívky podstoupily antropometrické měření. Měřeny byly: výška, výška v sedu, hmotnost a délka tibie.

K měření byl použit stadiometr A-226 a antropometr (Trystom, ČR).

### ***Statistické zpracování dat***

Data byla zpracována pomocí softwaru Statistica (verze 12, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Normalita rozložení dat byla ověřena pomocí testu Kolmogorov-Smirnov. Z 5 (reaktivní silový index) nebo 10 (tuhost dolní končetiny) pokusů byla vypočítána průměrná hodnota (parametr Průměr) a vybrán skok s nejlepším výsledkem (parametr Nejlepší). Míra shody mezi měřeními a proměnnými byla posouzena pomocí Pearsonova korelačního koeficientu.

Pro porovnání týdenního měření byla použita analýza rozptylu pro opakovaná měření. Vliv věku byl posouzen nepárovým t-testem. Porovnání podzimního a jarního měření bylo z důvodu menšího počtu vzorků posouzeno neparametrickým Wilcoxonovým testem.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Reaktivní index síly

Korelace mezi jednotlivými měřeními je ve všech případech vysoká. Nejvyšší korelace je u sérií pokusů 2 a 3 (Tabulka 2). Z toho důvodu budeme počítat průměrnou hodnotu pouze ze sérií pokusů 2 a 3.

Tabulka 2

*Korelace mezi měřeními*

1 vs. 2		2 vs. 3		1 vs. 3	
Průměr	Nejlepší	Průměr	Nejlepší	Průměr	Nejlepší
0,747	0,848	0,838	0,897	0,884	0,816

Korelace mezi parametrem *Průměr* a *Nejlepší* má hodnotu 0,946. Výsledek je vysoký, proto jsme dále analyzovali pouze jeden z parametrů, a to *Průměr*.

Při hodnocení týdenního cyklu měření byly zjištěny rozdíly mezi jednotlivými měřeními (Tabulka 3, Obrázek 9). Rozdíly jsou významné při porovnání prvního a čtvrtého měření ( $p = 0,033$ ) a při porovnání druhého a třetího ( $p = 0,007$ ) a druhého a čtvrtého ( $p = 0,001$ ) měření.

Tabulka 3

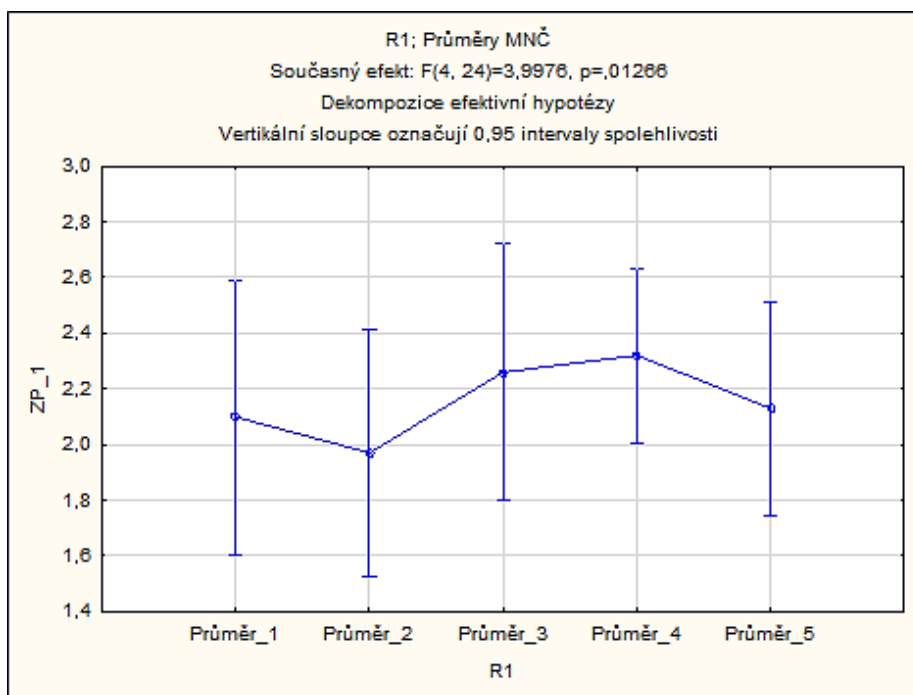
*Týdenní měření ( $n = 10$ )*

Měření	Průměr	Sm.odch.
1	2,10	0,45
2	2,02	0,45
3	2,23	0,41
4	2,29	0,32
5	2,09	0,38

Z grafu je zjevné, že bezprostředně po utkání hodnota RSI výrazně klesá (Obrázek 9). Tento výsledek je očekávaný, jelikož dokazuje akutní únavu po zatížení z utkání.

48 a 96 hodin po utkání se hodnoty RSI rapidně zvyšují. Zvýšení RSI můžeme vysvětlit navrácením výkonnosti, tedy doplněním energetických zásob (fáze superkompenzace).

Bezprostředně před dalším utkáním se hodnota RSI vrací přibližně na původní hodnotu.



Obrázek 9. Analýza RSI v průběhu týdenního měření.

*Vysvětlivky:*

- Průměr\_1 – před utkáním
- Průměr\_2 – bezprostředně po utkání
- Průměr\_3 – 48 hodin po utkání
- Průměr\_4 – 96 hodin po utkání
- Průměr\_5 – bezprostředně před dalším utkáním

Porovnání RSI před začátkem sezóny a v soutěžním období ukázalo, že reaktivní index síly byl vyšší v průběhu soutěžního období (Tabulka 4).

Výsledky ukazují, že před sezónou, tedy v přípravném období jsou házenkářky více zatěžovány, než v období soutěžním.

Tabulka 4

Porovnání podzim vs. jaro ( $n = 7$ )

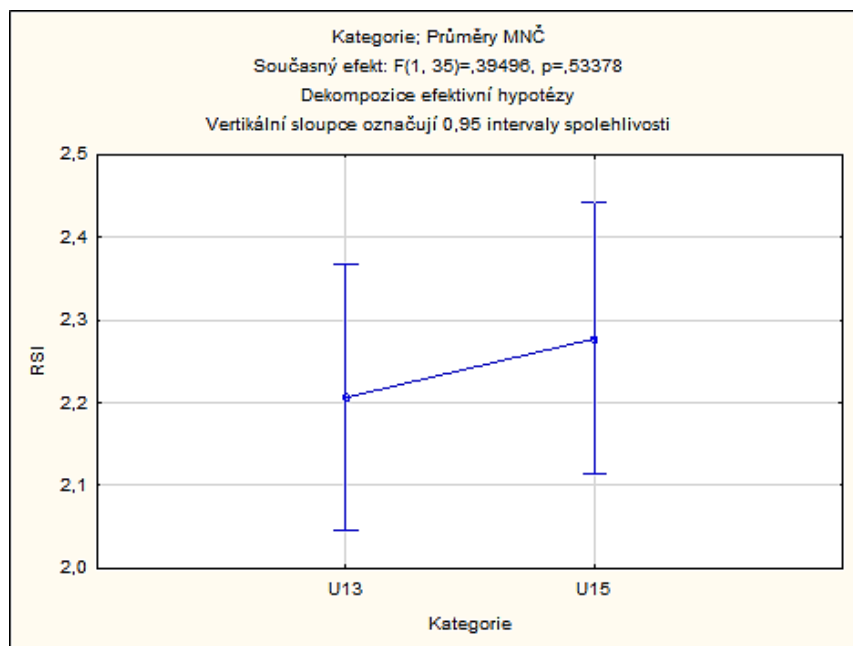
Parametr	Před sezónou		V sezóně		Hladina P
	Průměr	Sm.odch.	Průměr	Sm.odch.	
RSI	2,193	0,536	2,209	0,497	0,866

Porovnání RSI mezi staršími házenkářkami (U15) a mladšími házenkářkami ukázalo, že starší házenkářky mají v průměru vyšší RSI (Tabulka 5, Obrázek 10). Vyšší hodnoty RSI můžeme vysvětlit také fyziologickou vyspělostí.

Tabulka 5

Porovnání RSI u hráček házené U13 a U15

Parametr	U13 (n = 19)		U15 (n = 18)		Hladina P
	Průměr	Sm.odch.	Průměr	Sm.odch.	
RSI	2,206	0,372	2,277	0,310	0,454



Obrázek 10. Porovnání RSI u házenkářek U13 a U15.

## 5.2 Tuhost dolní končetiny

Parametry týkající se tuhosti dolní končetiny byly vyjádřeny dvěma parametry: leg stiffness a relativní leg stiffness. Byla určena průměrná hodnota z 5. až 15. pokusu a také vybrán pokus s nejvyšší hodnotou.

Z tabulky 6 je zjevné, že korelace mezi měřeními je ve všech případech vysoká, tak jako tomu bylo u indexu RSI. Z toho důvodu jsme dále analyzovali pouze průměrnou hodnotu pokusů 2 a 3.

Tabulka 6

*Korelace mezi jednotlivými měřeními*

Měření	Max. leg stiffness	Average leg stiffness	Max relative stiffness	Average relative stiffness
1 vs. 2	0,928	0,928	0,859	0,837
2 vs. 3	0,911	0,939	0,809	0,879
1 vs. 3	0,853	0,898	0,736	0,781

Vysoké hodnoty ukázala také korelace mezi parametrem *Maximum* a *Průměr*. Korelace pro *Leg stiffness* měla hodnotu 0,988 a pro *Relative leg stiffness* hodnotu 0,980. Proto jsme dále analyzovali pouze parametr *Průměr*.

Výsledky pro jednotlivá měření v rámci týdenního měření jsou uvedeny tabulce 7. Výsledky nám ukazují porovnání tuhosti dolní končetiny v 1 týdnu:

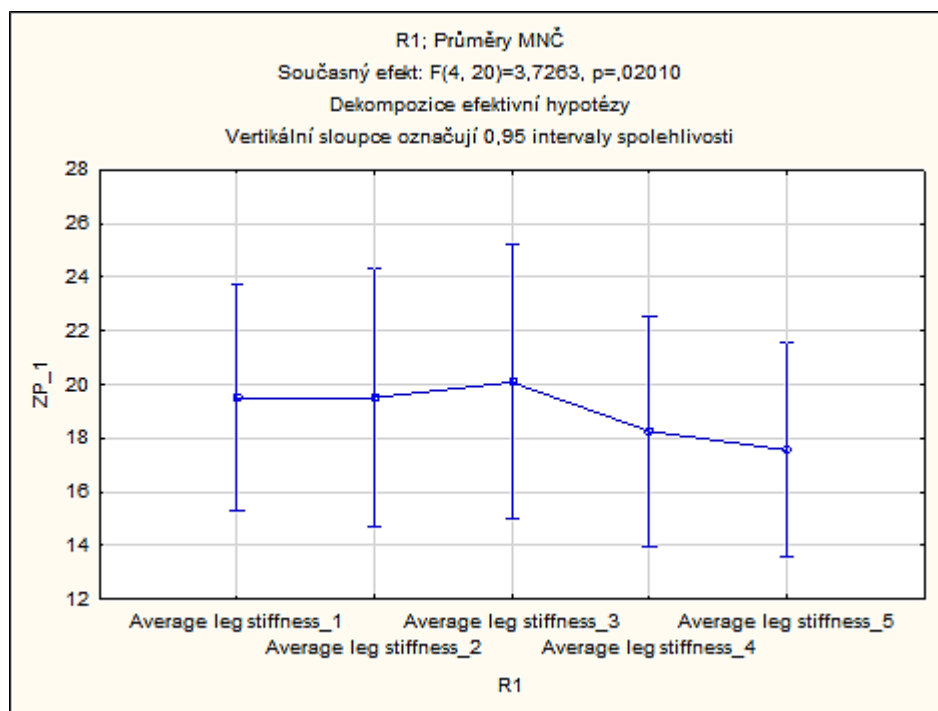
- bezprostředně před utkáním (měření 1),
- bezprostředně po utkání (měření 2),
- 48 hodin po utkání (měření 3),
- 96 hodin po utkání (měření 4),
- bezprostředně před dalším utkáním (měření 5).

Tabulka 7

Týdenní měření ( $n = 9$ )

Měření	Leg stiffness		Relative leg stiffness	
	Průměr	Sm.odch.	Průměr	Sm.odch.
1	20,35	4,17	27,59	3,81
2	20,25	4,27	27,41	3,93
3	20,55	4,37	27,74	3,49
4	18,25	4,10	24,85	3,95
5	17,96	3,39	24,55	3,09

Porovnáme-li hodnoty tuhosti nohy ihned před zápasem s hodnotami před zápasem následujícím o týden později, dospějeme k zajímavým zjištěním. Absolutní i relativní hodnoty tuhosti nohy byly před druhým utkáním významně sníženy (Obrázek 11, 12, Tabulka 8, 9). Před prvním zápasem byla hodnota LS 20,35 a RLS 27,59 a před zápasem druhým se hodnoty snížily na LG 17,96 a RLS 24,55. Z výsledků vyplývá, že dívky nastoupily do druhého utkání s výrazně nižší neuromuskulární koordinací, tzn. s vyšším rizikem poranění.

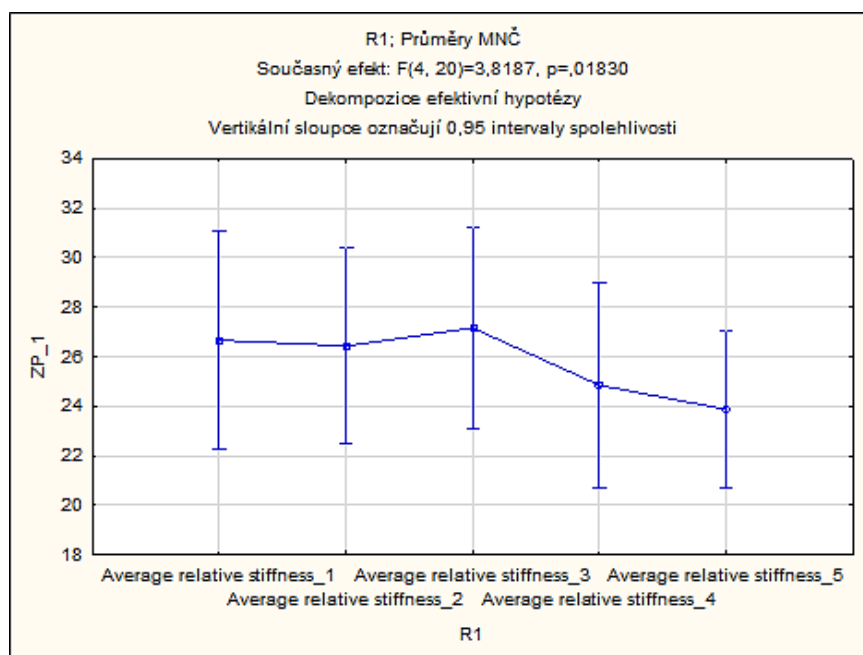


Obrázek 11. Porovnání absolutních hodnot leg stiffness v týdenním měření.

Tabulka 8

*Hladiny statistických významností indexu absolutní leg stiffness*

Měření	1	2	3	4	5
1		0,984	0,450	0,117	<b>0,019</b>
2	0,984		0,462	0,113	<b>0,018</b>
3	0,450	0,462		<b>0,026</b>	<b>0,003</b>
4	0,117	0,113	<b>0,026</b>		0,374
5	<b>0,019</b>	<b>0,018</b>	<b>0,003</b>	0,374	



Obrázek 12. Porovnání relativních hodnot leg stiffness v týdenním měření.

Tabulka 9

*Hladiny statistických významností indexu relativní leg stiffness*

Měření	1	2	3	4	5
1		0,823	0,624	0,085	<b>0,011</b>
2	0,823		0,477	0,128	<b>0,018</b>
3	0,624	0,477		<b>0,032</b>	<b>0,004</b>
4	0,085	0,128	<b>0,032</b>		0,339
5	<b>0,011</b>	<b>0,018</b>	<b>0,004</b>	0,339	

Jaký je rozdíl v neuromuskulární koordinaci v přípravném a soutěžním období znázorňuje tabulka 10. Stejně jako u reaktivního silového indexu vidíme nižší hodnoty v přípravném období. Můžeme tedy tvrdit, že dívky mají úroveň neuromuskulární koordinace lepší v průběhu soutěžní sezóny.

Tabulka 10

*Porovnání podzim vs. jaro (n = 9)*

Parametr	Před sezónou		V sezóně		Hladina p
	Průměr	Sm.odch.	Průměr	Sm.odch.	
LS	20,35	4,17	23,77	5,58	0,066
RLS	27,59	3,81	32,19	5,01	0,066

Porovnání různých věkových kategorií (Tabulka 11, Obrázek 13, 14) ukázalo nižší hodnoty tuhosti dolní končetiny u skupiny s nižším věkem, tak jako tomu bylo u parametru RSI.

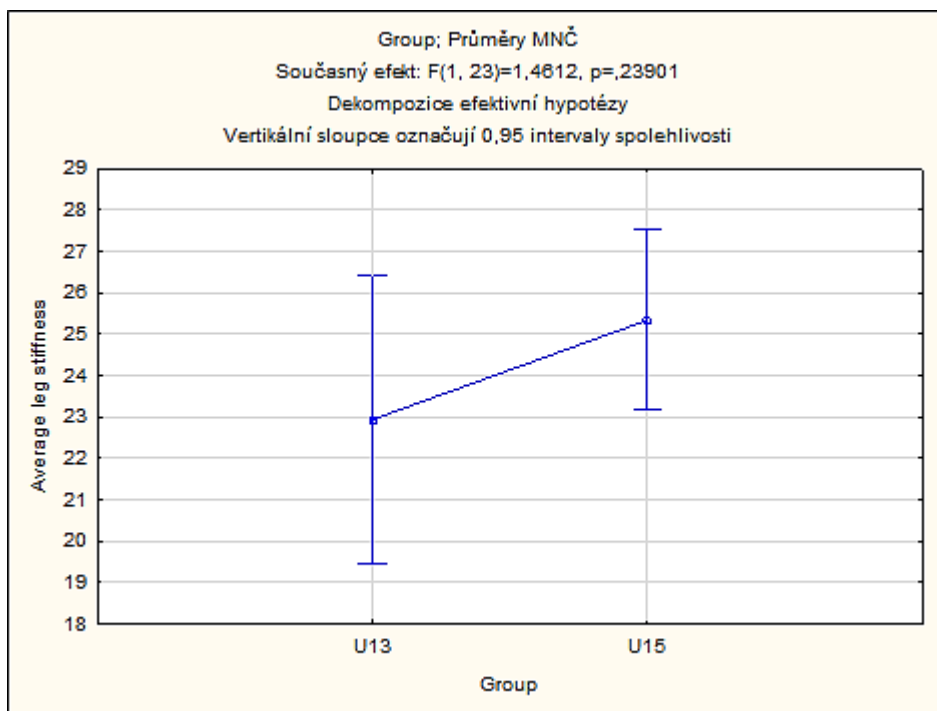
Tabulka 11

*Porovnání U13 vs. U15*

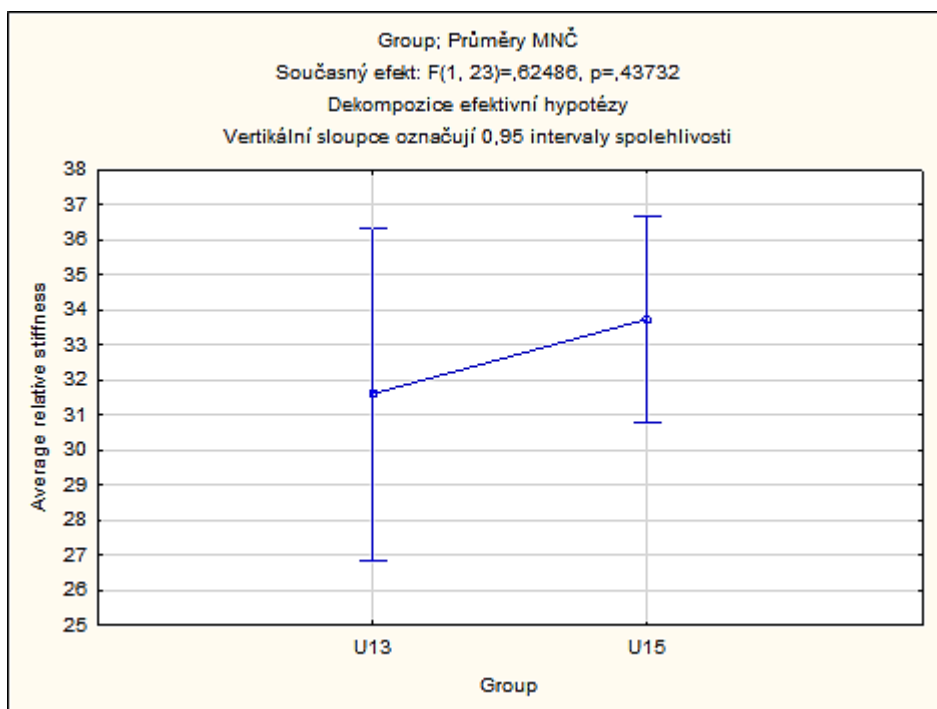
Parametr	U13 (n = 7)		U15 (n = 18)		Hladina p
	Průměr	Sm.odch.	Průměr	Sm.odch.	
LS	22,94	5,90	25,34	3,83	0,239
RLS	31,60	5,74	33,74	6,18	0,437

Z grafu můžeme vypočítat stoupající hodnoty leg stiffness v závislosti na věku (Obrázek 13, 14). Z výsledků vyplývá, že házenkářky U13 jsou vystaveny většímu riziku poranění než házenkářky U15. Tím se potvrdil vliv věku na neuromuskulární koordinaci.





Obrázek 13. Porovnání absolutních hodnot leg stiffness u U13 a U15.



Obrázek 14. Porovnání relativních hodnot leg stiffness u U13 a U15.

## 6 DISKUZE

### *Porovnání neuromuskulárního řízení kolenního kloubu mezi utkáními*

Naše výsledky týdenního měření ukázaly, že mladé házenkářky nastupují do utkání se zhoršenou úrovní neuromuskulární koordinace (*indexy leg stiffness* a *RSI*), což může signalizovat, že jsou unavené a nejsou tak připraveny na podání nejlepšího výkonu.

Dívky měly před zápasem nízké hodnoty jak reaktivního silového indexu, tak indexu tuhosti dolní končetiny. Nižší hodnoty indexů odráží nedostatečnou neuromuskulární kontrolu, kde následkem je vyšší riziko poranění. Nejvyšší hodnoty *RSI* byly naměřeny 96 hodin po utkání, poté už docházelo k postupnému snižování (Obrázek 9). Tuhost dolní končetiny měly házenkářky nevyšší 48 hodin po utkání. Hodnoty nasvědčují tomu, že v tento den byly zatíženy tak, že na další utkání se organismus už nestihl připravit. Zjištění naznačuje, že dívky by měly mít před zápasem méně intenzivní tréninky, aby stihly doplnit energetické rezervy organismu.

Výsledky můžeme porovnat s podobnou studií Ronglan, Raastad & Børgesen (2006), která zjišťovala míru nervosvalové únavy a potřebný čas k zotavení z přetížení v házenkářském turnaji. Testování bylo prováděno 3 testy – skokem do výšky, 20m sprintem a izokinetickým vyšetřením kolene. Výsledky ukázaly významné snížení výkonnosti o 2 – 8 % u všech 3 výkonnostních testů. Bylo zjištěno, že 48 hodinová doba zotavení je po náročném házenkářském utkání nedostatečná. Všimněme si, že tato studie došla k relativně podobným výsledkům prostřednictvím jiné metody testování.

Ve výzkumu Thorlund, Michalsik, Madsen & Aagaard (2008) se autoři také zabývali hodnocením akutního vývoje únavy nervosvalové aktivity. Házenkářům byly po simulovaném zápase prováděny testy maximální volní kontrakce (MVC) na silové plošině a rychlosti síly (RFD) se synchronní elektromyografií (EMG). Svaly quadriceps femoris (vastus lateralis a rectus femoris) vykazovaly nižší napětí o 21 – 42 %. Napětí ještě výrazněji pokleslo u antagonistů (biceps femoris) o 48 – 55 %. Závěrem studie bylo tvrzení, že hodnoty MVC i RFD byly po házenkářském utkání drasticky sníženy, což může vést k poškození funkčního výkonu.

Na akutní únavu poukazují i výsledky studie, které monitorovaly zatížení v průběhu utkání. Zjistilo se, že adolescentní házenkáři v druhé polovině zápasu překonají výrazně menší vzdálenost a zapojují se do méně technické činnosti, než je tomu v první polovině zápasu. Závěry potvrzují vysokou fyziologickou náročnost házenkářského utkání (Chelly, Hermassi, Aouadi, Khalifa, Van den Tillaar, Chamari & Shephard, 2011).

Pro hráče házené se stává charakteristické neúplné obnovení sil mezi zápasy a tréninky. Ronglan, Raastad a Børgesen (2006) se domnívají, že za zvyšováním fyzické náročnosti stojí změny v pravidlech hry a tendence ke strategicky vyšší rychlosti.

Jednodušší a možnou základní formou sledování přetěžování sportovců může být dotazník OSTRC (Oslo Sport Trauma Research Center). Ekman, Frohm, Hagberg, Wirén a Heijne (2015) tímto způsobem monitorovali 43 sportovců (průměrný věk 21 let) po dobu 10 týdnů. Zkoumání byli házenkáři, volejbalisté, tenisté a orientační běžci. Průměrná prevalence přetížení v jakékoli anatomické oblasti byla 22 %. Validita dotazníku OSTRC se jeví vysoká, a proto se tato metoda může používat pro sledování nadměrného přetěžování sportovců. Ke studii byl podán návrh ze strany házenkářů, kteří by dotazník rozšířili o otázky směřované na horní končetiny.

Kolena jsou sice nejčastějším poraněním v házené, ale jak upozornil dotazník OSTRC, nesmíme zapomínat i na ostatní značně přetěžované segmenty těla. Výsledky studie Myklebust, Hasslan, Bahr a Steffen (2013) potvrzují, že bolest ramene představuje u házenkářů značný problém. Více než polovina hráčů (52,3 %) během utkání cítí bolest v oblasti ramenního kloubu. V posledních 6 měsících muselo 40 % hráčů vynechat utkání či trénink kvůli problémům s ramenem. Tréninkové návyky muselo kvůli bolesti změnit 68,3 % hráčů. Ve studii Clarsen, Bahr, Heymans, Engedahl, Midsundstad, Rosenlund a Myklebust (2015) vykazovalo přetěžování kolen (20 %) téměř stejné hodnoty jako přetěžování ramenního kloubu (22 %).

Je pravděpodobné, že počínající problémy s koleny nejsou tak bolestivé jako u ramene. Budoucí následky chronického přetěžování kolenních kloubů jsou však alarmující.

## *Rozdíly v neuromuskulárním řízení kolenního kloubu v přípravném a soutěžním období*

Výsledky ukázaly, že hráčky jsou zatěžovány více v přípravném období, než v období soutěžním. Toto tvrzení nám odhalilo testování hráček před sezónou a v sezóně. Oba dva indexy vykazují nižší hodnoty v přípravném období. Nižší hodnoty nás upozorňují na rizikovější období v tréninkové přípravě házenkářek. Výsledky hovoří o vysoké náročnosti tréninku v přípravě na soutěžní sezónu.

Studie Henke, Luig a Schulz (2014) potvrzuje, že házená je u žen sportem s nejvyšším rizikem úrazů. I v dalších studiích je ženské pohlaví stanoveno za vnitřní rizikový faktor poranění. Sportovní účast více než 2 x za týden v házené, fotbalu, basketbalu nebo gymnastice byla určena za rizikový faktor vnější. Studie zjistila, že 85 % poranění bylo v důsledku přetížení pohybového aparátu (Junge, Runge, Juul-Kristensen & Wedderkopp, 2015).

Poranění předního zkříženého vazů (ACL) je jedním z nejčastějších úrazů ve sportu. Současná literatura poskytuje silný důkaz, že nadměrné zatížení je primárním mechanismem poranění ACL. Malý úhel flexe kolene, slabé kvadricepsy, hamstringy a nízká tuhost nohy jsou primárními faktory ohrožení.

Tato poranění jsou nejen finančně nákladná na zdravotnické služby, ale také mohou mít ničivý dopad na úroveň aktivity pacientů a kvalitu jejich života (Dai, Herman, Liu, Garrett & Yu, 2012).

Sportovci, kteří se podílejí na prevenci poranění ACL, nejen minimalizují jejich rizika, ale také mají vyšší předpoklady pro podání lepšího sportovního výkonu. Trenér, který si všímá pozice kolen při pohybech jako je běhání, střelení, skákání a přistání dokáže identifikovat pohybově rizikové návyky. Prevence poranění ACL musí zahrnovat posílení hamstringů a hýžd'ových svalů. Také se nesmí zapomínat na hluboké stabilizační svalstvo trupu. Aby se zamezilo riziku, v tréninku nesmí chybět plyometrie. Je důležité, aby byl trénink různorodý (zařazení i jiných PA) a vyvážený (Toscano & Toscano, 2014).

Preventivní cvičení by se měla stát nedílnou součástí každého tréninku. Cílem je prodloužit sportovcům aktivní věk, zvýšit úroveň sportovních výsledků a zamezit vzniku úrazů (Marko & Roxana, 2016).

U kolektivních sportovních her je poranění hamstringů a ACL nejčastějším důsledkem vzniklých v bezkontaktní fázi. V bezkontaktní fázi je podle Alexandera (2017) 4 x – 6 x čtenější úrazovost žen než u mužů.

Cvičení pro zlepšení excentrické fáze a posílení hamstringů pozitivně ovlivňují funkci ACL. Programy podporované videorozborem pohybů (skoků, přistání, změn směru, obrátů apod.) doprovázené zpětnou vazbou pomáhají snížit riziko zranění (Monajati, Larumbe-Zabala, Goss-Sampson & Naclerio, 2016). O zpětnovazebním účinku hovoří také Alexander (2017), který tvrdí, že prostřednictvím vizuální a verbální zpětné vazby je sportovec schopen regulovat přistání. Rozvoj schopnosti řízení pohybu v bezkontaktních fázích by mohl snížit četnost rizikových pohybů.

Přechod z vědomého učení techniky skákání k zautomatizování pohybu představuje složitou motorickou koordinaci. Automatická kontrola pohybu tzn. i v neočekávané situaci hry nebo tréninku se nemusí vejít do explicitní strategie učení. Budoucí ACL intervenční programy by měly poskytovat instruktážní vizuální techniku přistání a naučit sportovce pohyb správně vyhodnocovat. Možnost automatické kontroly pohybového aparátu by mohla být efektivní formou pro zlepšení pohybového výkonu (Benjaminse & Otten, 2011).

#### *Porovnání neuromuskulárního řízení kolenního kloubu mezi házenkářkami U13 a U15*

Posledním testem v naší studii bylo porovnání neuromuskulární koordinace u házenkářek U13 a U15. Tímto testem se potvrdil vliv věku. V obou indexech vyšly hodnoty u mladších házenkářek nižší. Házenkářky U13 mají tedy vyšší riziko poranění v porovnání s hráčkami U15.

Nízké hodnoty RSI a leg stiffness mohou svědčit o tom, že pro 13leté házenkářky je tréninkové zatížení náročnější. Tento fakt můžeme jednoduše vysvětlit tím, že právě ve 13 letech dochází k velkým biologicko-psychosociálním změnám. Dívky rychle rostou a tím vznikají velké disproporce mezi jednotlivými segmenty. Zhoršuje se koordinace, přesnost a plynulost pohybů (Perič, 2012).

Opakované přetěžování dětského organismu ovlivňuje růst a dochází k různým zdravotním komplikacím. Pokud budou dívky v tomto věku neadekvátně zatěžovány, dojde k funkčním poruchám pohybového aparátu. Primárním důvodem je chybná řídicí funkce, která ovlivňuje centrální nervovou regulaci, svalstvo a klouby (Pastucha, Malinčíková & Tichá, 2010).

Zvyšující se nároky na výkon podmiňuje příliš intenzivní přípravu mladých sportovců. Prevalence syndromu přetrénování se u mladých sportovců odhaduje na 20 – 30 %. Počet chronicky přetížených mladých sportovců stále roste a s ním roste také riziko sportovních úrazů (Bajzová & Matoulek, 2011). Zjištění indexů RSI a leg stiffness dokáže odhalit nesprávný přístup k zatěžování hráček a trenérům může pomoci s periodizací tréninkového procesu. Výsledky testování usnadňují stanovit optimální načasování zahájení tréninku a tím zefektivnit výkonnost sportovkyň.

Pohyb patří k základním biologickým potřebám lidského života. Fyziologické nároky na sportovce se neustále zvyšují, proto je nutné kontrolovat míru zatěžování organismu. Kvantitativně nebo kvalitativně dlouhodobá neadekvátní zátěž je zdraví nebezpečná (Pastucha, Malinčíková & Tichá, 2010). Prostřednictvím nástrojů pro zjišťování neuromuskulárního řízení můžeme zamezit rostoucím problémům vzniklých v důsledku intenzivní fyzické aktivity sportujících dětí a adolescentů.

## 7 ZÁVĚRY

Bezprostředně po utkání došlo k výraznému poklesu reaktivního silového indexu a indexu tuhosti dolní končetiny. V tomto případě se potvrdil vliv pozápasové akutní únavy na neuromuskulární koordinaci kolenního kloubu.

V přípravném období byly hodnoty obou indexů nižší než v období soutěžním. Tento výsledek jsme nepředpokládali, stanovenou hypotézu tedy zamítáme. Znamená to, že hráčky házené jsou více zatěžovány v přípravném období než v období soutěžním.

Házenkářkám U13 vyšly nižší hodnoty obou indexů než házenkářkám U15. Tyto výsledky vysvětlujeme nedokončeným fyziologickým vývojem organismu, tzn. nižší adaptací na sportovní zátěž. Na základě těchto výsledků můžeme potvrdit, že hráčky U13 jsou více náchylné ke vzniku úrazu v porovnání s hráčkami věkové kategorie U15.

Měřené indexy spolu vzájemně korelují, tzn., že v každém měření došlo k poklesu nebo naopak k nárůstu hodnot obou indexů.

V diplomové práci se nám podařilo porovnat neuromuskulární koordinaci a s tím spojené zvýšené riziko poranění v důsledku akutní únavy. Index svalové tuhosti i reaktivní index síly jsou relativně novými, ověřenými metodami pro posuzování neuromuskulárního řízení v oblasti kolenního kloubu. Prostřednictvím těchto indexů je možné identifikovat vliv akutní únavy, a proto nám mohou pomoci snížit stále rostoucí úrazovost ACL ve sportu.

## 8 SOUHRN

Cílem práce bylo vyhodnotit neuromuskulární řízení v oblasti kolenního kloubu u hráček házené věkové kategorie 13 – 15 let. Nízká neuromuskulární kontrola v kolenním kloubu představuje zvýšené riziko zranění v důsledku akutní únavy u sportovců.

Teoretická část v sobě zahrnuje nevýznamnější poznatky zabývající se uvedeným tématem. Charakterizováno je věkové období testovaných dívek a specifika sportovního tréninku házené. Druhá polovina teoretické části pojednává o nejčastějších úrazech v házené a rozebírá problematiku související s únavou a zotavením ve sportu. V neposlední řadě jsou charakterizovány nástroje pro hodnocení neuromuskulární koordinace, které nám pomáhají identifikovat možná rizika poranění.

Samotnému testování předcházelo antropometrické vyšetření. Dívkám byly naměřeny následující hodnoty: výška, výška v sedu, hmotnost, délka dolních končetin, délka tibie a kotníku.

Neuromuskulární koordinace byla zjištěna prostřednictvím reaktivního silového indexu a indexu tuhosti dolní končetiny. Pro měření tuhosti dolní končetiny byl použit submaximální bilaterální test poskoků. Pomocí metronomu byla udržována frekvence poskoků 2,5 Hz. Výpočet reaktivního silového indexu byl proveden z 5 maximálních vertikálních skoků.

Ihned po utkání došlo u dívek ke zhoršení parametrů neuromuskulární kontroly kolenního kloubu. Výsledky také ukázaly, že dívky jsou zatěžovány více v přípravném období než v období soutěžním. Porovnání hodnot dívek věkové kategorie U13 a U15 ukázalo horší neuromuskulární kontrolu u dívek U13.

Pomocí relativně nové metody testování se nám podařilo vyhodnotit možná rizika zranění u hráček házené. Index tuhosti nohy a reaktivní index síly jsou považovány za spolehlivé ukazatele neuromuskulárního řízení v oblasti kolenního kloubu, a tedy je možné je používat i v jiných sportovních odvětvích a výzkumech týkajících se rizika poranění ACL.



## **9 SUMMARY**

The main objective of this dissertation was to assess the neuromuscular control in the area of a knee joint in female handball players aged 13 – 15. Lowered neuromuscular control of the knee joint poses higher risk of sustaining an injury as a consequence of acute fatigue in sportsmen.

Theoretical part comprises of the most relevant findings regarding this topic. Age group of tested subjects and specifics of handball training is subsequently defined. Second half of the theoretical part concerns itself with the most frequent injuries in handball and analyzes issues related to fatigue and recovery in sport. Last but not least tools for assessment of neuromuscular coordination are characterized, which help us identify potential risks of an injury.

The testing itself was preceded by an anthropometrical examination. The girls were measured in: height, height whilst sitting, weight, the length of lower extremities, the length of tibia and ankle.

Neuromuscular coordination was determined through the mediation of reactive strength index and leg stiffness of a lower limb. The calculation of leg stiffness index was conducted during a sub maximal bilateral test of skips. Metronom Wittner (GmbH & Co. KG, Isny, Germany) was used to maintain a frequency of the leaps. The calculation of reactive strength index consisted of five vertical leaps each maximally preformed.

On finishing a match, the girls were measured a deterioration of parameters of neuromuscular control in a knee joint. Results also indicated that the girls have to endure more workload during preliminaries than during a season. The comparison of values in girls aged 13 – 15 (U13, U15) suggested worse neuromuscular control in girls aged 13.

Potential risks of injuries in handball players were possible to assess due to relatively new method of testing. Leg stiffness index and reactive strength index are considered to be reliable indicators of neuromuscular control in the area of a knee joint and thus are applicable to be used in different sport branches and research relevant to the risks of injuries in ACL.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Alexander, N. (2017). Strengthening proximal hip musculature for prevention of patellofemoral pain and ACL injuries in female football players. *Journal Of Australian Strength & Conditioning*, 25(1), 37-47.
- Bajzová, M., & Matoulek, M. (2011). Syndrom přetrénování u mladého sportovce – kazuistika. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 20(3).
- Benjaminse, A., & Otten, E. (2011). ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(4), 622-627.
- Bernaciková, M., (2012). *Fyziologie* [Učební texty]. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií.
- Bland, J. M., & Altman, D. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The lancet*, 327(8476), 307-310.
- Cacek, J., & Grasgruber, P. (2008). *Sportovní geny: antropometrie a fyziologie sportu, sport a rasa, doping*. Brno: Grada Publishing.
- Cacek, J., & Němcová, L., (2014). *Kondiční trénink II* [Učební texty]. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií.
- Cinglová, L. (2002). Vybrané kapitoly z tělovýchovného lékařství pro studenty FTVS. Praha: Karolinum.
- Clarsen, B., Bahr, R., Heymans, M. W., Engedahl, M., Midtsundstad, G., Rosenlund, L., ... & Myklebust, G. (2015). The prevalence and impact of overuse injuries in five Norwegian sports: application of a new surveillance method. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(3), 323-330.
- Dai, B., Herman, D., Liu, H., Garrett, W. E., & Yu, B. (2012). Prevention of ACL Injury, Part I: Injury Characteristics, Risk Factors, and Loading Mechanism. *Research In Sports Medicine*, 20(3/4), 180-197.
- Dalleau, G., Belli, A., Viale, F., Lacour, J. R., & Bourdin, M. (2004). A simple method for field measurements of leg stiffness in hopping. *International journal of sports medicine*, 25(03), 170-176.
- Dallinga, J. M., Benjaminse, A., & Lemmink, K. A. (2012). Which Screening Tools Can Predict Injury to the Lower Extremities in Team Sports?. *Sports medicine*, 42(9), 791-815.

- Dobrý, L. (2008). Benefits sportování mládeže. *Tělesná Výchova A Sport Mládeže*, 13-14.
- Dobrý, L. (2009). Zamyšlení nad úlohou lékařů, učitelů a trenéru v podpoře pohybové aktivity mládeže. *Tělesná Výchova A Sport Mládeže*, 75(6), 11-14.
- Dvořáková, H. (2007). Didaktika tělesné výchovy nejmenších dětí. Praha: Univerzita Karlova v Praze.
- Ekman, E., Frohm, A., Ek, P., Hagberg, J., Wirén, C., & Heijne, A. (2015). Swedish translation and validation of a web-based questionnaire for registration of overuse problems. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 25(1), 104-109.
- Ferris, D.P., Louie, M., Farley, C.T., 1998. Running in the real world: adjusting leg stiffness.
- Flanagan, E. P., Ebben, W. P., & Jensen, R. L. (2008). Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1677-1682.
- for different surfaces. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 265, 989–994.
- Hainer, V. (2006). Farmakoterapie a zdravotní rizika obezity. *Klin Farmakol Farm*, 20, 103-107.
- Hainer, V., et al. (2004). Základy klinické obezitologie. Praha.
- Hátlová, B. (2009). Psychologické aspekty ontogenetického vývoje motoriky? Dětství a dospívání. *Tělesná výchova a sport mládeže*, 75(2009), 2.
- Helešic, J. (2011). Kritický pohled na sport mládeže. *Tělesná Výchova A Sport Mládeže*, 77(4), 6-11.
- Helus, Z. (2004). Dítě v osobnostním pojetí: obrat k dítěti jako výzva a úkol pro učitele a rodiče. Praha: Portál.
- Hemza, J., & Hanzlová, J. (2004). Základy anatomie pohybového ústrojí. V Brně: Masarykova univerzita.
- Hendl, J., & Dobrý, L. (2011). *Zdravotní benefity pohybových aktivit: monitorování, intervence, evaluace*. Karolinum.
- Henke, T., Luig, P., & Schulz, D. (2014). [Sports injuries in German club sports, Aspects of epidemiology and prevention]. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*, 57(6), 628-637. doi:10.1007/s00103-014-1964-x.

- Hůlka, K., & Bělka, J. (2013). Diagnostika herního výkonu v basketbale a házené. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., Khalifa, R., Van den Tillaar, R., Chamari, K., & Shephard, R. J. (2011). Match analysis of elite adolescent team handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2410-2417.
- Jansa, P., Dovalil, J., Bunc, V., Čáslavová, E., Heller, J., Kocourek, J., et al. (2009). Sportovní příprava: vybrané kinantropologické obory k podpoře aktivního životního stylu (Rozš. 2. vyd.). Praha: Q-art.
- Jansová, K. (2015). Postoje školní mládeže k tělesné výchově a sportu. *Tělesná Výchova A Sport Mládeže*, 81(4), 2-10.
- Junge, T., Runge, L., Juul-Kristensen, B., & Wedderkopp, N. (2015). Risk factors for knee injuries in children 8-15 years: the CHAMPS-Study DK. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(4), 655-662.
- Korvas, O., & Zahradník, O., (2012). *Základy sportovního tréninku* [Učební texty]. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií.
- Laird, Y., Fawkner, S., Kelly, P., McNamee, L., & Niven, A. (2016). The role of social support on physical activity behaviour in adolescent girls: a systematic review and meta-analysis. *International Journal Of Behavioral Nutrition & Physical Activity*, 131-14. doi:10.1186/s12966-016-0405-7.
- Lehnert, M. (2014). *Kondiční trénink* [Učební texty]. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Lehnert, M. (2014). *Sportovní trénink I* [Učební texty]. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Lehnert, M. et al. (2010). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Marko, I., & Roxana, D. (2016). The role of preventive practice in reducing the number of injuries of handball players. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 16484-489.
- Martinez, D. B. (2016). The use of reactive strength index, reactive strength index modified, and flight time: Contraction time as monitoring tools. *Journal Of Australian Strength & Conditioning*, 24(5), 37-41.
- Martinková, J. (2013). Sportovní úrazy a přetížení pohybového aparátu sportem: praktický průvodce pro zdravotníky i laiky. Praha: Mladá fronta.

- Mašát, P., Dylevský, I., & Havlas, V. (2005). Výsledky operací náhrad předního zkříženého vazů kolenního kloubu. *Biomedicína*, 7, 1-200.
- Monajati, A., Larumbe-Zabala, E., Goss-Sampson, M., & Naclerio, F. (2016). The Effectiveness of Injury Prevention Programs to Modify Risk Factors for Non-Contact Anterior Cruciate Ligament and Hamstring Injuries in Uninjured Team Sports Athletes: A Systematic Review. *Plos ONE*, 11(5), 1-15. doi:10.1371/journal.pone.0155272.
- Moravec, R. (2009). Športový tréning detí a mládeže. *Telesná Výchova A Šport*, 19(1), 39-40.
- Myklebust, G., Hasslan, L., Bahr, R., & Steffen, K. (2013). High prevalence of shoulder pain among elite Norwegian female handball players. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 23(3), 288-294. doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01398.x.
- Netter, F. H. (2016). Netterův anatomický atlas člověka. Brno: CPRESS.
- Padua, D. A., Arnold, B. L., Perrin, D. H., & Gansneder, B. M. (2006). Fatigue, vertical leg stiffness, and stiffness control strategies in males and females. *Journal of Athletic Training*, 41(3), 294.
- Pastucha, M. D., Malinčíková, M. J., & Tichá, M. R. (2010). Rizika sportovní aktivity v dětském věku. *Pediatric pro praxi*, 11(4), 251w254.
- Perič, T. (2004). Sportovní příprava dětí. Praha: Grada Publishing.
- Perič, T. (2012). Sportovní příprava dětí 2: zásobník cvičení. Praha: Grada Publishing, 2012, 112 s. Děti a sport. ISBN 978-80-247-4219-9.
- Philippou, T., Kautzner, J., Hladký, V., Šťastný, E., & Havlas, V. (2015). Zhodnocení souboru pacientů po náhradě předního zkříženého vazů v dětském a adolescentním věku. *Acta Chir. orthop. Traum. čech*, 82(6), 398-403.
- Poslušná, K., Březková, V., & Matějová, H. (2008). Rizikové faktory osteoporózy-znalosti a chování dospívajících dívek. *Výživa a potraviny*, 155-157.
- Pratt, K. J., Lamson, A. L., Collier, D. N., Harris, N., Ballard, S., Saporito, M., & ... Crawford, Y. S. (2009). Camp Golden Treasures: a multidisciplinary weight-loss and a healthy lifestyle camp for adolescent girls. *Families, Systems & Health: The Journal Of Collaborative Family Healthcare*, 27(1), 116-124. doi:10.1037/a0014912.
- Pyšný, L. (1997). Regenerace. Univerzita JE Purkyně.

- Robbins, L. B., Jiying, L., Toruner, E. K., Bourne, K. A., Pfeiffer, K. A., & Ling, J. (2016). Examining reach, dose, and fidelity of the "Girls on the Move" after-school physical activity club: a process evaluation. *BMC Public Health*, 161-16. doi:10.1186/s12889-016-3329-x.
- Ronglan, L. T., Raastad, T., & Børghesen, A. (2006). Neuromuscular fatigue and recovery in elite female handball players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(4), 267-273.
- Sigmund, E., Frömel, K., Neuls, F., Skalík, K., & Groffik, D. (2002). Inactivity in the life style of adolescent girls classified according to the level of their body weight. *Universitatis Palackianae Olomucensis gymnica*, 17.
- Stackeová, D. (2009). Doporučení pohybové aktivity pro děti a dospívající. *Tělesná Výchova A Sport Mládeže*, 2-6.
- Straka, M. (2013). [Anterior cruciate ligament injuries in children and adolescents in our patient group]. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae Et Traumatologiae Cechoslovaca*, 80(2), 155-158.
- Struzik, A., & Zawadzki, J. (2016). Application of force-length curve for determination of leg stiffness during a vertical jump. *Acta Of Bioengineering & Biomechanics*, 18(2), 163-171. doi:10.5277/ABB-00401-2015-02.
- Suchomel, T. J., Bailey, C. A., Sole, C. J., Grazer, J. L., & Beckham, G. K. (2015). Using reactive strength index-modified as an explosive performance measurement tool in Division I athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(4), 899-904.
- Šafaříková, J. (2008). Odhalování tajností tréninkového zatěžování v handbalu. *Tělesná Výchova A Sport Mládeže*, 21-26.
- Šimek, J. (2005). Házená a děti, aneb, Jak na to. Olomouc: J. Šimek.
- Thorlund, J. B., Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2008). Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(4), 462-472.
- Tichý, M. (2008). Dysfunkce kloubu. Praha: Miroslav Tichý.
- Toscano, L., & Toscano, M. (2014). Minimizing risk in female anterior cruciate (ACL) ligament tears. *Soccer Journal*, 59(6), 56-63.
- Truellová, I. (2007). Situace v oblasti dětských úrazů v České republice. *Prevence*.

- Van Kessel, G., Kavanagh, M., & Maher, C. (2016). A Qualitative Study to Examine Feasibility and Design of an Online Social Networking Intervention to Increase Physical Activity in Teenage Girls. *Plos ONE*, 11(3), 1-11. doi:10.1371/journal.pone.0150817
- Vargová, L., & Joukal, M. (2015). *Anatomie dětského věku*. Brno: Masarykova univerzita.
- Vărzaru, C. G. (2015). Clever ways to prevent lower body injuries in the handball game. *Bulletin Of The Transilvania University Of Brasov, Series IX: Sciences Of Human Kinetics*, 8(1), 93-98.
- Vašíčková, J., Górna-Łukasik, K., Groffik, D., Frömel, K., Skalik, K., Svozil, Z., & Wąsowicz, W. (2012). Knowledge in adolescent girls and boys related to physically active and healthy lifestyle. *Acta Gymnica*, 42(1), 27-33.
- Vašíčková, J., Pelclová, J., Frömel, K., Chmelík, F., & Pelcl, M. (2008). Pilotní studie ročního režimu pohybové aktivity gymnaziálních studentek. *Tělesná kultura*, 31(2), 102-108.
- Vítek, L. (2008). *Jak ovlivnit nadváhu a obezitu*. Grada Publishing as.
- Wilson, G., Bird, S., O'Connor, D., & Jones, J. (2007). Resistance Training for Children and Adolescents: A Position Stand from the Australian Strength and Conditioning Association. Retrieved from: <http://www.strengthandconditioning.org/images/PositionStand/positionstand1%20powerpoint%20template%20october%202007.pdf>.
- World Health Organization. (2010). Population-based prevention strategies for childhood obesity: report of a WHO forum and technical meeting, Geneva, 15-17 December 2009.