

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Bc. Michaela Hajduková

**Specifika fyzioterapie a kompenzačních
cvičení u moderních pětibojařů**

Diplomová práce

Praha 2021

Autor práce: **Bc. Michaela Hajduková**

Vedoucí práce: **MUDr. Otakar Raška, Ph.D.**

Oponent práce: **Mgr. Kateřina Mádle**

Datum obhajoby: **10.9.2021**

Bibliografický záznam

HAJDUKOVÁ, Michaela. *Specifika fyzioterapie a kompenzačních cvičení u moderních pětibojařů*. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2021. 104 s., přílohy. Vedoucí diplomové práce MUDr. Otakar Raška, Ph.D.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou prevence zranění u moderních pětibojařů. Stanovila si za cíl analyzovat současnou epidemiologickou situaci zranění v moderním pětiboji a také současné preventivní strategie sportovců včetně vyhodnocení jejich vlivu na incidenci zranění. Charakter práce je prospektivní kohortová studie. Bylo využito modifikované verze validizovaného dotazníku „Oslo Sports Trauma Research Center questionnaire on health problems“. Tento dotazník byl sportovcům rozeslán každý týden po dobu 10 týdnů prostřednictvím dotazníkového softwaru Qualtrics. Studie se zúčastnilo 43 probandů z 15 zemí světa, tedy 4,3 % sportovců registrovaných UIPM (Union Internationale de Pentathlon Moderne). Celkem bylo zaznamenáno 34 nových zranění a přetížení u 27 probandů. Byla zjištěna míra incidence zranění 3,1/1000 h aktivního výkonu sportu. Nejčastěji udávanými segmenty zranění byly rameno (14,7 %), kotník (14,7 %), koleno a bérce (shodně 11,8 %). Poměr zranění dolních končetin ku horním byl zjištěn 3:1. Nejvíce zranění bylo spojováno s běžeckou disciplínou (46 %). Nejvíce využívanou strategií prevence zranění byl strečink, následovaný silovým tréninkem, masážími, a důsledným rozcvičením před tréninkem. Průměrná délka rozcvičení ukázala statisticky významnou negativní korelaci s incidencí zranění při následné 10týdenní monitoraci ($p < .013$). Součástí práce je teoretický rozbor jednotlivých disciplín z pohledu kineziologie, incidence zranění, mechanismů vzniku zranění, rizikových faktorů, a již existujících preventivních programů.

Klíčová slova

Moderní pětiboj, sportovní zranění, prevence, incidence, rizikové faktory, přetížení

Bibliographic card

HAJDUKOVÁ, Michaela. *Specifics of physiotherapy and preventive exercises in modern pentathletes*. Prague: Charles University, 2nd. Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Exercise Medicine, 2021. 104 pp. Supervisor MUDr. Otakar Raška, Ph.D.

Abstract

This diploma thesis deals with the issue of injury prevention in modern pentathletes. It sets itself the goal of analyzing the current epidemiological situation of injuries in modern pentathlon as well as the current preventive strategies of athletes, including the evaluation of their impact on the incidence of injuries. The nature of the work is a prospective cohort study. A modified version of the validated „Oslo Sports Trauma Research Center questionnaire on health problems“ was used. This questionnaire was sent to athletes every week for 10 weeks using the Qualtrics questionnaire software. The study involved 43 probands from 15 countries, ie 4.3% of athletes registered with the UIPM (Union Internationale de Pentathlon Moderne).

A total of 34 new injuries and overloads were recorded in 27 probands. The incidence rate of injuries of 3.1 / 1000 h of active sports was found. The most frequently reported segments of injury were the shoulder (14.7%), ankle (14.7%), knee and shin (both 11.8%). The ratio of the lower limb to upper limb injuries was found to be 3: 1. Most injuries were associated with running discipline (46%). The most commonly used injury prevention strategy was stretching, followed by strength training, massages, and consistent warm-up before training. The mean warm-up duration showed a statistically significant negative correlation with the incidence of injury at subsequent 10-week monitoring ($p < .013$).

Part of the work is a theoretical analysis of individual disciplines from the perspective of kinesiology, the incidence of injuries, mechanisms of injury, risk factors, and existing prevention programs.

Keywords

Modern pentathlon, sport injury, prevention, incidence, risk factors, overload

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně pod vedením MUDr. Otakara Rašky, Ph.D., uvedl(a) všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval(a) zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 10.8.2021

Bc. Michaela Hajduková

Poděkování

Velké poděkování patří všem, kdo mě vedli a inspirovali při vzniku této práce, především vedoucímu práce MUDr. Otakaru Raškovi a dále trenérům Dukly Praha, kteří mě vedli v mé sportovní kariéře. Poděkovat bych chtěla také všem účastníkům dotazníkového průzkumu. Obrovské poděkování patří rodině, která mi svou podporou umožnila napsat tuto práci, a přátelům, kteří si pro mě našli čas vždy, když jsem je potřebovala.

OBSAH

Obsah	7
Seznam zkratk	9
Úvod.....	10
1. Přehled poznatků.....	12
1.1. Prevence zranění ve sportu.....	12
1.2. Moderní pětiboj.....	14
1.2.1. Disciplíny a pravidla	14
1.3. Analýza disciplín moderního pětiboje	17
1.3.1. Šerm	17
1.3.2. Plavání.....	23
1.3.3. Jízda na koni.....	31
1.3.4. Střelba	36
1.3.5. Běh	40
2. Cíle a hypotézy	47
2.1. Cíle	47
2.2. Hypotézy	47
3. Metodika	48
3.1. Popis sledovaného souboru	48
3.2. Design studie.....	48
3.2.1. Vstupní dotazník	48
3.2.2. 10týdenní dotazník.....	48
3.3. Vybrané parametry	50
3.3.1. Incidence zranění	50
3.3.2. Kumulativní parametr omezení sportovce	50
3.3.3. Dny bez tréninku a dny s modifikovaným tréninkem.....	50
3.3.4. Lokalizace zranění	51
3.3.5. Intenzita bolesti	51

3.3.6. Typ zranění	52
3.3.7. Disciplína, při které došlo ke vzniku zranění.....	52
3.4. Statistická analýza	52
4. Výsledky	53
4.1. návratnost dotazníku	53
4.2. Základní data o zkoumaném souboru probandů	53
4.3. Přehled zúčastněných zemí	54
4.4. Data jednotlivých probandů	55
4.5. Míra incidence zranění moderních pětibojařů.....	56
4.6. Distribuce zranění moderních pětibojařů	57
4.7. Zranění vs. disciplína	58
4.8. Příklad 10týdenní analýzy moderního pětibojaře (proband č.13).....	59
4.9. Současné využití preventivních strategií moderními pětibojaři.....	60
4.10. Vyhodnocení doby trvání a typu rozcvičení před tréninkem	61
4.11. Korelace doby trvání rozcvičení a incidence zranění	62
4.12. Vyhodnocení trvání a typu cool-down fáze	63
5. Diskuze	64
5.1. Silné stránky a limitace práce	70
5.2. Možnosti návaznosti na tuto práci.....	70
Závěry	71
Souhrn	72
Summary	73
Referenční seznam	74
Seznam obrázků	86
Seznam tabulek	87
Seznam příloh	88
Přílohy	89

SEZNAM ZKRATEK

BMD – z angl. bone mineral density, v překladu *kostní minerální denzita*

ČSMP – *Český svaz moderního pětiboje*

ES – z angl. „effect size“, v překladu *velikost efektu*

h/týden – *hodin/týdně*

ITB syndrome – z angl. „Iliotibial Band syndrome“, v překladu *iliotibiální syndrom*

m. – z latinského „musculus“, v překladu *sval*

MTSS - *mediální tibiální stresový syndrom*

PSE test – z angl. „Posterior Shoulder Endurance test“, v překladu *test vytrvalosti zadní části ramene*

RFD – z angl. „rate of force development“, v překladu *rychlost rozvoje síly*

ROM – mezinárodní zkratka z původního „range of movement“, v překladu *rozsah pohybu*

SSC – z angl. „stretch-shortening cycle“, v překladu *cyklus protažení a zkrácení svalu*

ÚH - *úhel holeně*

UIPM – mezinárodní název organizace: „Union International de Pentathlon Modern“, v překladu *Mezinárodní federace moderního pětiboje*

ÚVOD

"Nejdokonalejšími sportovci mezi všemi jsou pětibojaři, protože v jejich těle se snoubí síla a rychlost v krásné harmonii." (Aristoteles na adresu antických pětibojařů)

Sport unikátní svou všestranností klade na závodníky nároky téměř ve všech aspektech fyzické zátěže: síle, rychlosti, vytrvalosti, koordinaci, a v nemalé míře také prověřuje odolnost psychickou. V roce 2012 ho v České republice proslavil David Svoboda zlatou medailí z Letních olympijských her.

Práce fyzioterapeuta u tohoto sportu je specifická, neboť musí důkladně znát aspekty kineziologie všech 5 disciplín. Moderní pětibojaři absolvují denně trénink skládající se z několika fází a k tomu většina z nich ještě studuje. Je tedy velmi málo prostoru na kompenzaci jednotlivých disciplín, což sebou přináší požadavek na co nejvíce specifický a časově efektivní program pro prevenci zranění u sportovců věnujících se tomuto sportu nebo dokonce reprezentujících Českou republiku na mezinárodních soutěžích.

Dosud neexistuje vědecká literatura zabývající se rizikovými faktory moderního pětiboje jako celku, a tedy ani sada testů sloužící k určení individuálních rizikových faktorů u moderních pětibojařů, které lze cíleným preventivním programem ovlivnit.

Z pohledu biomechaniky je zranění, s ohledem na vlastnosti tkáně a charakteristiku zátěže, výsledkem přenosu energie na tkáň, kdy mechanická zátěž převyšuje zátěžovou toleranci tkáně (Bahr 2005). Ke vzniku mikrotraumat a chronického poškození dochází v důsledku opakovaného zatížení na hranici zátěžové tolerance, nebo někdy i pod touto hranicí (Máček a Radvanský 2011). Z toho vyplývá, že pro efektivní sport-specifický preventivní program je nutné znát nejčastější mechanismy vzniku zranění u moderního pětiboje a také rizikové faktory, které činí sportovce náchylného ke zranění. Sportovní zranění jsou zřídka výsledkem jediného faktoru, obecně jsou přičítány sdružení okolností. Důležité je si také uvědomit, že rizikové faktory nejsou konstantní u jednoho sportovce, v průběhu času se mohou měnit (Theisen et al. 2014). Proto je důležité vytvořit ucelenou sadu testů pro moderní pětiboj pro lepší efektivitu práce, a i kvalitnější výsledky jak z hlediska zdravotního stavu sportovců, tak i jejich výkonnosti.

Při tvorbě sport-specifického preventivního programu je s výhodou se inspirovat zkušenostmi autorů již existujících preventivních programů. Van Mechelen et al. (1992) vyvinul stěžejní model koncepce prevence sportovních zranění, který dále upravila Finch (2006). Obsahuje 6 kroků: (1) průzkum zranění v daném sportu/týmu, (2) stanovení etiologie a mechanismů zranění, (3) vyvinutí preventivních opatření, (4) aplikace preventivních opatření v ideálních podmínkách*, (5) vývoj a porozumění kontextu implementace preventivních opatření**, (6) zhodnocení efektivity preventivních opatření v kontextu implementace***.

Tato práce si klade za cíl vypracovat kroky (1) a (2) z výše uvedeného konceptu tvorby preventivního programu. S ohledem na snahu o zachování kvality práce a omezení rozsahem práce jsou zbylé kroky ponechány pro další vědeckou tvorbu.

* Laboratorní testování na malém vzorku probandů, hodnocení u malých skupin, ohniskových skupin, na sportovních klinikách.

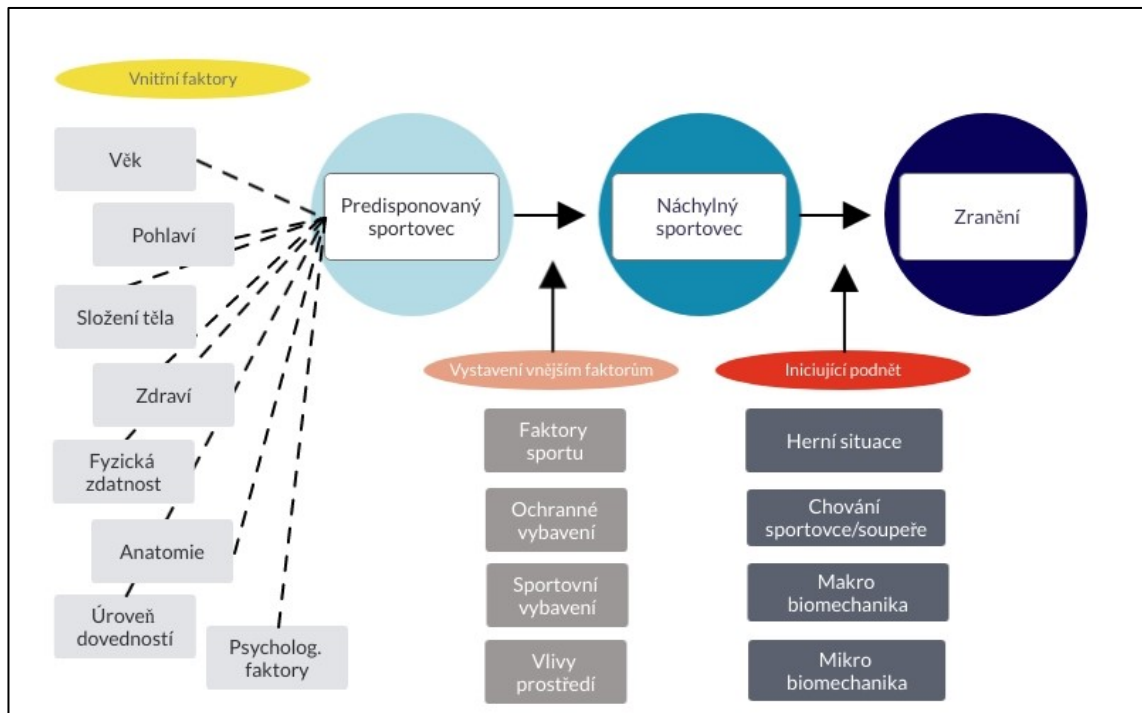
** Porovnání závěrů z testování v ideálních podmínkách s reálnými podmínkami. Určení faktorů, které budou usnadňovat, a faktorů, které budou naopak bariérou v implementaci preventivních opatření.

*** Implementace preventivních opatření do reálného prostředí a zhodnocení jejich efektivity.

1. PŘEHLED POZNATKŮ

1.1. Prevence zranění ve sportu

Bahr (2005) vytvořil klíčové schéma (viz Obrázek 1) pro prevenci sportovních zranění. Toto schéma zobrazuje multifaktoriální příčiny vzniku zranění, tedy rizikové faktory jak vnitřní, tak vnější, ale i iniciální podnět (mechanismus zranění).



Obrázek 1 Komplexní model prevence sportovních zranění (Bahr 2005)

Rizikový faktor je znak, jehož přítomnost zvyšuje pravděpodobnost daného jedince, že vyvine onemocnění, v tomto případě sportovní zranění. Rizikové faktory hrají klíčovou roli v predikci a prevenci nejen zranění (Offord a Kraemer 2000). Rizikové faktory lze rozdělit na vnitřní a vnější, jako ve výše uvedeném schématu (Obrázek 1), nebo jak uvádí Offord a Kraemer (2000) na 1) fixní znaky, mezi které řadíme pohlaví, etnikum či datum narození. Druhou skupinu představují 2) variabilní rizikové faktory, které se samy mění nebo může dojít ke změně prostřednictvím intervence. Pokud rizikový faktor není ovlivněn skrze intervenci, nazýváme jej variabilním znakem. 3) Kauzální rizikový faktor znamená, že rizikový faktor může být ovlivněn skrze intervenci a jeho změna vede ke změně výsledku studie, tedy např. že dojde ke snížení prevalence či incidence onemocnění.

Jedním z konceptů primární prevence sportovních zranění je koncept „Dlouhodobého rozvoje sportovce“ (z angl. *Long Term Athlete Development*). Mnoho trenérů klade důraz příliš brzy na sport-specifické dovednosti a brzkou účast na soutěžích. Dochází tak k nekompletnímu rozvoji sportovce. Mnoho atletů pak trpí systémovými zraněními z přetížení v důsledku nevhodného tréninku a opakované submaximální zátěže následované neadekvátní regenerací (Meadors L. 2012; Giles 2011; Hawkins a Metheny 2001; Lysens et al. 1989).

Nerespektování plného rozvoje jedince vede ke zvýšené incidenci zranění a omezení rozvoje dovedností (Meadors L. 2012; Giles 2011; Hawkins a Metheny 2001; Lysens et al. 1989).

Tyto faktory muskuloskeletálních zranění jsou výsledkem celkové nízké svalové síly, neoptimální mechaniky dopadu, neoptimální techniky brždění (tzv. decelerace), laxicity vaziva, svalové ztuhlosti, příliš vyvinutých extenzorů kolene, a nadměrného používání jedné končetiny oproti druhé. To pak vede k nevhodnému postavení a biomechanickému zatížení končetin a dolní části zad v důsledku slabého zapojení a kontroly gluteálních svalů (Meadors L. 2012; Giles 2011; Hawkins a Metheny 2001; Lysens et al. 1989).

1.2. Moderní pětiboj

Moderní pětiboj je sport spojující 5 naprosto odlišných disciplín. Velmi vzdáleně můžeme hledat první druhy takového víceboje již v antickém Řecku, v pravém slova smyslu byl moderní pětiboj poprvé uveden na Olympijských hrách ve Stockholmu v roce 1912 zásluhou zakladatele Olympijských her Pierra de Coubertina (UIPM 2021). Nyní lze najít členy mezinárodní pětibojařské federace (Union Internationale de Pentathlon Moderne) ve 120 zemích světa. Počet sportovců věnujících se tomuto sportu je ve srovnání s jinými sporty nevelký, k lednu 2021 registruje mezinárodní pětibojařská federace něco málo přes 1000 atletů starších 17 let (528 mužů, 492 žen).

Moderní pětiboj je sport stále se vyvíjející. Od původní 5denní varianty, kdy na každou disciplínu připadal 1 den, se v roce 1996 upustilo a na Olympijských hrách v Atlantě byla poprvé představena divácky atraktivnější 1denní varianta. V roce 2009 se propojuje běžecká a střelecká část moderního pětiboje v jednu disciplínu, dnes nazývanou Laser-Run (UIPM 2021). Tato podoba moderního pětiboje však pravděpodobně bude brzy opět změněna, byl navržen nový formát, který se testuje od roku 2021. Tento nový formát spočívá v tom, že se všech 5 disciplín odehraje během 90 minut.

1.2.1. Disciplíny a pravidla

Výkony v jednotlivých disciplínách moderního pětiboje jsou hodnoceny podle bodovacích tabulek. Závodník, který nasbírá nejvíce bodů ze všech disciplín, je vítězem pětibojařské soutěže. Na následujících řádcích je popsán průběh a pravidla jednotlivých disciplín.

1.2.1.1. Šerm kordem

Šermířská utkání se odehrávají na planši o rozměrech 14 x 1,5 metru. Šermířská disciplína je v moderním pětiboji od 1.1.2015 rozdělena na 2 části. První částí je základní kolo (tzv. „Ranking round“), ve kterém se závodníci utkají systémem „každý s každým“ na jeden vítězný zásah. Časová dotace na jeden zápas je 1 minuta. Pokud se ani jednomu ze závodníků nepodaří dát zásah, jsou oba považováni za poražené a nepřipisují ze zápasu žádné body. Vítězství v 70 % duelů odpovídá 250 pětibojařským bodům. Při klasické finálové soutěži s 36 závodníky má jedno vítězství hodnotu 6 bodů, tedy v závěrečné kombinované části, kde 1 bod se rovná 1 vteřině, to odpovídá 6 vteřinám.

Druhou částí šermu je bonusové kolo (tzv. „Bonus Round“), které probíhá na vyvýšené planši a oproti základnímu kolu bývá medializované, tedy diváci mohou sledovat přímý přenos. Za každé vítězství v tomto kole získávají závodníci jeden bod. K zápasům bonusového kola nastupují závodníci dle žebříčku umístění v kole základním, tedy v prvním zápase uvidíme 36. závodníka soupeřit s 35. závodníkem. Vítěz tohoto zápasu dále nastoupí proti 34. závodníkovi a tak dále. Na zápas je časová dotace 45 vteřin. Pakliže ani jeden ze závodníků nedá zásah, vyhrává závodník, který byl výše umístěný po základním kole. Tento závodník nastupuje do zápasu s tzv. „výhodou“. Výjimkou v bodování je poslední zápas, kdy při obhajobě vítězství v základním kole vyhraje závodník i zápas v bonusovém kole, připisuje si 2 pětibojařské body (ČSMP 2021).

1.2.1.2. Plavání

V individuální soutěži plavou závodníci 200 metrů volný způsob. Disciplína probíhá v souladu s pravidly Mezinárodní plavecké federace FINA. 250 bodům odpovídá čas 2:30,00. Každých -0,33 s je ohodnoceno 1 bodem (ČSMP 2021).

1.2.1.3. Jízda na koni

Obsahem této disciplíny je parkurové skákání. Úroveň parkuru pro pětibojaře nedosahuje obtížnosti pro jezdce, odpovídá zhruba jezdecké úrovni stupně „L“ (115-120 cm výška překážek). Pravidla UIPM určují, že parkur v seniorské soutěži musí obsahovat alespoň 7 skoků vysokých 120 cm. Celkově mají závodníci za úkol překonat parkur s 12 překážkami, respektive 15 skoky. Oproti jezdeckému parkuru je hlavní rozdíl v tom, že závodníci nesoutěží s vlastním koněm, ale na místě závodu si koně losují. Závodník má poté 20 minut na seznámení s koněm na tzv. „opravovišti“, kde může také absolvovat 5 zkušebních skoků. Za bezchybný a ve stanoveném čase splněný parkur dostane závodník 300 pětibojařských bodů. O body může přijít při shození překážky (-7 bodů), při odmítnutí poslušnosti koně (-10 bodů), při pádu koně či jezdce (-10 bodů) a překročením časového limitu (1 s odpovídá -1 bodu). Při druhém pádu jezdce je závodník z disciplíny eliminován, tedy disciplínu končí a připisuje 0 bodů (ČSMP 2021).

1.2.1.4. Kombinovaná část: střelba + běh

Kombinovaná část je propojením dvou disciplín, střelby z laserové pistole a běhu. Celková délka tratě je 3200 metrů a je rozdělena do čtyř úseků po 800 metrech. Profil i povrch tratě může být různý, rozhoduje o něm pořadatel, který však musí dodržet pravidla o maximálním stoupání, celkovém převýšení a minimální délce okruhu. Před každým úsekem čeká závodníky střelnice, kde absolvují střeleckou položku do terče o průměru 59,5 mm, vzdáleného 10 metrů. Závodník se snaží co nejrychleji zasáhnout 5 terčů. Počet ran není omezen, omezen je pouze čas strávený na střelnici (50 vteřin), poté závodník vybíhá na trať i v případě nedokončení střelecké položky. Závodníci startují do této části handicapovým systémem, tedy na základě bodů získaných z předchozích disciplín. Pořadí v cíli kombinované části odpovídá celkovému pořadí v pětibojařském závodě (ČSMP 2021).

Šerm: Start závodu: 10.00 Zakončení šermířské části: cca 12.40
Plavání: Příprava na plaveckou část - rozplavání + převlečení + event. transport Start závodu: 13.40 Konec plavecké části: 14.00
Pauza mezi 1. a 2. částí: 1 hod.
Jízda: Příprava na jezdeckou část - představení koní a opracování 30' Start závodu: 15.30 Konec jezdecké části: 17.18
Kombinovaná část: Příprava na kombinovanou část - 20' nástřel, resp. rozklusání Start závodu: 17.45 Konec pětibojařské soutěže: 18.00
Celkový čas: 7hod. + pauza 1hod.

Obrázek 2 Příklad časového rozpisu závodu v moderním pětiboji (ČSMP 2021)

1.3. Analýza disciplín moderního pětiboje

Tato část je věnována rešerši literatury s cílem umožnit porozumění kineziologii jednotlivých disciplín moderního pětiboje, ukázat incidenci zranění, popsat mechanismy, kterými ke zranění dochází, a rizikové faktory, které předurčují některé jedince ke zranění, a konečně, na konci každé kapitoly jsou uvedeny možnosti prevence zranění v jednotlivých sportech, které současná vědecká literatura nabízí.

1.3.1. Šerm

1.3.1.1. *Kineziologie*

Z hlediska zátěžové fyziologie považujeme šerm za sport převážně anaerobního charakteru. Obsahuje série výbušných útoků, které jsou proloženy epizodami pomalých přípravných pohybů (Turner et al. 2013). Ty si nyní blíže popíšeme.

Šermířský střeh

V šermu se využívá střehové pozice, ve které šermíř většinou lehce poskakuje v přípravě k akci. Tato pozice umožňuje rychlou manipulaci se základnou opory vůči těžišti, přičemž šermíř může rychle přecházet z útoku do obrany a naopak. To je zásadní schopnost, neboť k vypořádání se se soupeřovým útokem musí být šermíř schopen se rychle přesunout ze současného či zamýšleného útoku do nového střehu, ve kterém je schopen útok soupeře odrazit. Ačkoli jde spíše o percepční a psychomotorické dovednosti, šermíř musí mít fyzické možnosti pro realizaci svých záměrů. Z hlediska kondičního jde především o faktory jako rychlost vývoje síly (z anglického „rate of force development“; RFD) a cyklus protažení a následného zkrácení svalu (z anglického „stretch-shortening cycle“; SSC), oba jsou však do určité míry závislé na svalové síle jako takové (Turner et al. 2013; 2014).

Výpad

Výpad je nejběžnější formou útoku. Zadní dolní končetina musí vyprodukovat mocnou koncentrickou akci, zatímco extenzory kolene přední dolní končetiny musí vyvinout velkou brzdou sílu při dopadu za účelem stabilizace a přípravy pro další akci. Obecně by se dalo říci, že zadní noha stojí na místě, zatímco přední dolní končetina se pohybuje vpřed. Výpad klade nároky jak na koncentrickou sílu, tak na sílu brzdou (excentrickou a izometrickou). Zadní dolní končetina musí akcelarovat tělo dopředu za přibližně 600 ms předtím, než se přední dolní končetina může zvednout a doletět

do vzdálenosti zhruba 1,4 m. Během letové fáze musí flexory kolene přední dolní končetiny kontrolovat rychlou extenzi kolene, aby nedošlo k natažení svalu. Výpad je útočný pohyb, jehož úspěch závisí především na rychlosti provedení, což opět naznačuje důležitost zaměření se na RFD a schopnost generovat výbušnost (Turner et al. 2013; 2014).



Obrázek 3 Šermíř při výpadu (vlevo) (Wikipedia 2021)

Flèche

Takzvaný běžecký útok. Zadní dolní končetina je švihem vynesena vpřed před vedoucí dolní končetinu a dokročí před ni. Z důvodu velkého momentu pohybu šermíř není schopen zastabilizovat tuto pozici a pokračuje v pohybu vyběhnutím z planše. Cílem šermíře je zasáhnout soupeře ještě před dopadnutím dolní končetiny (Turner et al. 2014).



Obrázek 4 Šermíř při útoku zvaném fleche (vlevo) (Pinterest 2021)

1.3.1.2. Incidence zranění

Riziko zranění v šermu je velmi nízké oproti například fotbalu, kde se setkáme s rizikem 50x větším (Turner et al. 2013; 2014). Akutní zranění se vyskytují velmi zřídka neboť šermíři jsou vybaveni speciálním protektivním oblekem, zbraně jsou zakončeny tupým koncem a při organizaci soutěží se klade velký důraz na dodržování fair-play (Murgu 2006). Šerm má také jedny z nejnižších hodnot zranění vedoucích k omezení tréninku (tzv. *time-loss*). Proto je zařazován mezi nejbezpečnější sporty (Alekseyev et al. 2016).

Incidence zranění na regionálních soutěžích je 3,7/100 mužů a 5,6/100 žen. O něco vyšší je incidence zranění na národní a mezinárodní úrovni (11,7/100 mužů a 7,8/100 žen). V juniorských kategoriích byly evidovány incidence ještě o něco vyšší (Roi a Bianchedi 2008).

Harmer (2019) provedl prospektivní studii, ve které analyzoval zranění vzniklá při nejvyšších šermířských soutěžích během 5 let. Výsledky říkají, že muži měli signifikantně vyšší riziko zranění než ženy. V kordu je menší riziko poranění než ve fleretu nebo šavli. Většinu zranění tvořily výrony (40,8 %) a natažení svalu (20,1 %) na dolních končetinách. Nejčastějším konkrétním typem zranění byl výron kotníku (25,3 %). Nejčastějším mechanismem úrazu, který poté vedl k dlouhodobějšímu omezení tréninku, byla přílišná ambice závodníka, tedy nekontaktní typ zranění. Střední hodnota doby omezení tréninku v důsledku zranění byla 4 týdny.

Většina zranění byla lokalizována na dolních končetinách (63 %), nejvíce koleno (20 %), stehno (15 % - z toho $\frac{3}{4}$ mikrotrauma hamstringu) a kotník (13 %). Na horní polovině těla se týkalo nejvíce zranění bederní páteře (9 %) a prstů ruky (7 %) (Harmer 2019). Výrazně více četná jsou zranění dominantní dolní končetiny, a to jak kyčle, tak kolene (Thompson et al. 2021).

Ze specifických zranění pro šerm je typická laterální epikondylitida neboli tenisový loket. V literatuře se vyskytuje již termín „šermířský loket“ (Alekseyev et al. 2016).

Časté jsou u šermířů puchýře, modřiny a lehké pohmožděny (Alekseyev et al. 2016).

1.3.1.3. *Mechanismy vzniku zranění*

Z antropometrické analýzy šermířů víme, že mají typické asymetrie končetin, které pramení z tréninku asymetrické sportovní aktivity. Šerm vede k typickým funkčním asymetriím, které podtrhávají vysokou úroveň specifické funkce, síly a kontroly pro sport vyžadované. Funkční rozdíly vznikají především na podkladě rozdílných funkcí dolních končetin při výpadu. Extenzory kolene přední dolní končetiny pracují excentricky při každém výpadu za účelem decelerace těla při dopadu, zatímco svaly zadní dolní končetiny konají výbušnou koncentrickou práci (Roi a Bianchedi 2008)

Šermíři využívají a rozvíjejí více anteriorní muskulaturu než posteriorní, a jednu polovinu těla více než druhou, což je činí náchylnými ke svalovým poraněním slabších svalů (Turner et al. 2014; Harmer 2008).

Šerm se skládá z náhlých změn směru a výbušných výpadů následovaných rychlým návratem, což významně zatěžuje dolní končetiny, především koleno a kotník (Harmer 2008).

Rychlé změny směru v šermu vedou ke zraněním typu podvrtnutí a svalových mikrotraumat (Alekseyev et al. 2016), jako je tomu u jiných sportů, například fotbalu.

Některými z mechanismů vzniku zranění jsou neoptimální nastavení segmentů, špatná koordinace pohybu při šermířských akcích či neefektivní manipulace se zbraní (Harmer 2008).

V předchozí kapitole (1.3.1.2) zmiňuji laterální epikondylitidu. Jedná se o zánětlivé onemocnění šlach předloktí, které vzniká v důsledku přetížení extenzorů zápěstí. Častěji se vyskytuje u fleretistů, protože fleret využívá specifický typ útoku, tzv. flick (Alekseyev et al. 2016). Flick je typ bodu, který vychází z extenze zápěstí přecházející do stabilizace ve středním postavení, ve kterém dochází k bodu. Někdy se též nazývá hozený bod a využívají ho i zkušení moderní pětibojaři.

Patellární tendinopatie je také častá u šermířů a vzniká v důsledku opakovaných „hopsavých“ pohybů a častých výpadů, které specificky zatěžují patellární šlachu při aktivitě m. quadriceps femoris. Quadricepsy musí neustále excentricky kontrolovat pozici kolene při střehu či dřepu a zároveň jsou silně aktivovány ve všech šermířských akcích. Nižší pozice šermířského střehu a obzvláště s kolenem přesahujícím chodidlo vede často k přetížení této šlachy (Alekseyev et al. 2016).

Patellofemorální syndrom je způsobený svalovou dysbalancí vedoucí k vyosení trasy patelly zevně. Častou příčinou tohoto vyosení je hypertonus m. tensor fasciae latae (Alekseyev et al. 2016) či oslabení m. vastus medialis.

1.3.1.4. Rizikové faktory pro vznik zranění

Rozdíl větší než 15 % bilaterální stranové asymetrie je klinický marker bilaterální stranové asymetrie a je signifikantním rizikovým faktorem pro zranění. Lze využít silový trénink pro korekci dysbalancí a posílení i antagonistů primárních svalů využívaných k šermířskému pohybu (Impellizzeri et al. 2007).

Obuv je jedním z vnějších rizikových faktorů. Důsledkem repetitivní traumatizace v důsledku nevhodné obuvi může docházet k lézím menisků či chrupavky kolene (Turner et al. 2014).

Muži mají signifikantně vyšší riziko zranění než ženy (Harmer 2019). Thompson et al. (2021) zkoumala prevalenci zranění kyčle a kolene u amerických elitních šermířů a došla k opačným závěrům, tedy že ženy měly celkově více zranění kyčlí a kolen než muži.

Nižší střehová pozice je rizikovým faktorem pro přetížení šlachy quadricepsu a patellofemorální tendinopatii (Alekseyev et al. 2016).

1.3.1.5. *Preventivní programy pro šermíře*

Otázce prevence zranění v šermu se věnuje Turner (2013). Zmiňuje, že mnoho šermířů, které sledoval, nemají efektivní silovou a kondiční přípravu. Právě v zařazení silového tréninku vidí potenciál pro prevenci zranění v šermu, a to skrze jeho pozitivní vliv na strukturální integritu výše zmíněných často poraněných a přetížených tkání. Uvádí také prvky, které je s výhodou pravidelně testovat pro určení individuálních nedostatků, které omezují výkon, ale z pohledu zdravotního pak především vedou ke zranění. Ve své další práci doporučuje cíleně posilovat především hamstringy, je vhodné využít cviky typu „Nordic curl“ a „stiff-leg deadlift“ (Turner et al. 2014). V rámci kompenzace šermířské asymetrie je vhodné zařadit trénink, který klade vysokou dopadovou zátěž na zadní dolní končetinu, tedy trénovat slabší dolní končetinu. Také cviky jako „split jerk“ a „split snatch“ v obráceném střehu jsou doporučeny v této práci.

Alekseyev et al. (2016) vnímá koleno jako nejdůležitější oblast, kterou je potřeba v prevenci zranění u šermířů adresovat. Dále je pro prevenci zranění důležitá korekce neoptimálního posturálního nastavení, zefektivnění práce zápěstím a rukou při manipulaci se zbraní a koordinace šermířských útoků (Alekseyev et al. 2016).

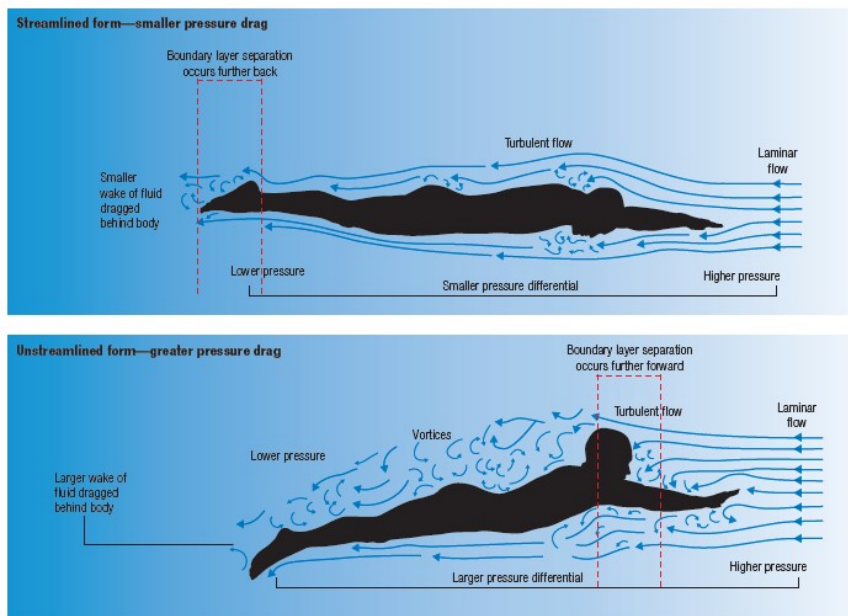
1.3.2. Plavání

1.3.2.1. Kineziologie

Plavání je kvadrupedální lokomoce (Bernaciková et al. 2010), která je specifická tím, že 1) do lokomoce je zapojeno celé tělo (McLeod a Pokorná 2014). K dosažení efektivního pohybu je tedy nutná koordinace celého pohybového systému. Tělo si lze představit jako řetěz, kdy každý tělesný segment tvoří jeden článek. Všechny segmenty jsou funkčně propojeny, a proto pohyb jednoho segmentu má zákonitě vliv na segmenty ostatní. Toto propojení nazýváme kinematický řetězec. Kvalitní propojení segmentů umožňuje například přenos síly generované plavcovými pažemi na trup a dolní končetiny. Při méně kvalitním propojení dochází k horší koordinaci mezi segmenty a ke ztrátě energie, pohyb nemá čistě dopředný směr, ale dochází k výchytkám do stran. To sebou nese i vyšší riziko poranění z důvodu nerovnoměrného zatížení segmentů a kumulace zatížení v určitých segmentech, kde pak dochází v důsledku dlouhodobého vystavení sportu a velkého počtu repetitivních pohybů k přetížení. 2) Při plavání je plavec sám sobě oporou, nemá pevnou základnu jako je pro běžce zem, nemá se od čeho odrazit. Proto je velmi důležitý pevný a stabilní střed těla. To umožní nejen koordinovanou práci horních a dolních končetin, ale také efektivnější pohyb vpřed. Tělo si lze představit jako dům, kdy střed těla jsou základy domu. Dobře vyprojektovaný dům na chabých základech nebude odolný vůči vnějším vlivům a dříve či později se zboří (McLeod a Pokorná 2014).

Na rozdíl od jiných sportů, kde je propulzivní síla tvořena dolními končetinami, v plavání tvoří hlavní hnací sílu pro pohyb vpřed záběry horních končetin (Pink a Tibone 2000), tvoří 85 % celkového výkonu. Pohyb dolních končetin má funkci převážně stabilizační a vyrovnávací (Bernaciková et al. 2010).

Plavec se při pohybu vpřed snaží o co nejmenší odpor těla (Bernaciková et al. 2010), udržuje tzv. hydrodynamickou neboli splývavou pozici (Obrázek 5).



Obrázek 5 Hydrodynamická poloha plavce (Mullen 2018)

1.3.2.2. Incidence zranění

Wanivenhaus et al. (2012) uvádí, že bolest ramene je nejčastějším ortopedickým zraněním plavců, s prevalencí mezi 40 % a 91 %.

Walker et al. (2012) rozdělil problematiku plaveckého ramene na 2 hlavní typy, a to bolest ramene (incidence 38 %) a zranění ramene či bolest ramene přetrvávající déle jak 2 týdny (incidence 23 %).

Impingement ramene a zranění z přetížení jsou častá z důvodu velkého počtu záběrů za týden. Nicméně incidence zranění má nyní mírně klesající trend a je naděje, že se zlepšujícími se znalostmi biomechaniky aplikované při výuce kraulového záběru se budou počty nadále snižovat (Johnson et al. 2003).

Mezi další běžná poranění plavců patří poranění kolene a zad. Poranění kolene vzniká především při plaveckém způsobu prsa, a proto se používá pojem „prsařské koleno“ (Wanivenhaus et al. 2012). V tréninku moderního pětiboje se plavecký způsob prsa využívá v malé míře v poměru k ostatním plaveckým způsobům, spíše pro uvolnění a vyplavání.

Bolest zad je běžná spíše u profesionálních plavců trénujících způsoby motýlek a prsa (Wanivenhaus et al. 2012).

Incidence zranění zdá se koreluje s množstvím tréninku a s úrovní výkonu sportovce, medailisti mívají větší incidenci zranění. Typologicky jsou zranění

u jednotlivých plaveckých disciplín různá. Zranění ramene jsou nejčastější u kraulu, znaků a motýlku, zatímco zranění kolene a třísla jsou nejčastější u plaveckého způsobu prsa. To lze vysvětlit rozdílnou biomechanikou jednotlivých disciplín, dochází k zatěžování jiných struktur (Armstrong a Mechelen 2017).

1.3.2.3. Mechanismy vzniku zranění

Úrazy v plavání lze rozdělit podle mechanismu vzniku do 3 skupin. V první skupině jsou poranění vzniklá nárazem (skok do vody, střet s jiným plavcem, vykloubení prstu o dělicí šňůru apod). Druhou skupinu tvoří úrazy způsobené náhlým přepětím některého ze svalů při startovním skoku (Dylevský I. a kol. 1997). K těmto zraněním může docházet v důsledku dlouhé pauzy mezi rozcvičením a samotným startem závodu, pakliže sportovec neudrží všechny potřebné svaly zahřáté a připravené na výkon. Třetí skupinou jsou poranění vzniklá repetitivními pohyby v maximálních rozsazích ramenního kloubu, některé pohyby například při motýlku mohou vést až k vykloubení ramenního kloubu (Dylevský I. a kol. 1997).

Podrobněji bude popsána problematika ramene, protože bolest ramene je nejčastějším problémem plavců (viz 1.3.2.2).

Plavecké rameno je bolestivý stav s pozvolným nástupem, lze jej klasifikovat jako mikrotrauma (Tovin 2006).

Dříve se považovaly za zdroj bolesti ramene přetížené šlachy svalů rotátorové manžety v subakromiálním prostoru (Pink a Tibone 2000), tzv. subakromiální impingement (Armstrong a Mechelen 2017). Dnes již víme, že příčiny jsou multifaktoriální. (Wanivenhaus et al. 2012) určil 3 základní:

- biomechanika plaveckého záběru;
- přetížení a únava svalů ramene, lopatky a horní části zad;
- glenohumerální laxicita s následnou instabilitou ramenního kloubu.

Armstrong a Mechelen (2017) dále uvádějí, že problémy s rameny mohou pramenit také z patologií kloubního pouzdra, které jsou spojeny s repetitivními pohyby paží nad hlavou.

U plavců vzniká impingement spíše změnou kinematikou (tzv. *nonoutlet impingement*) způsobenou svalovou únavou nebo laxicitou, než patologickými změnami

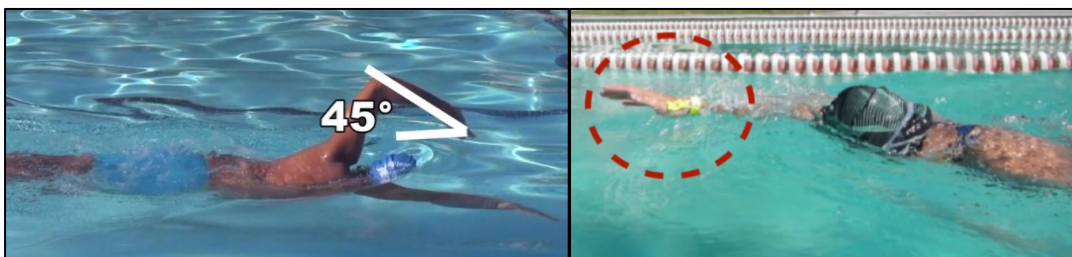
v subakromiálním prostoru, se kterými se setkáváme u pacientů (tzv. *outlet impingement*) (Wanivenhaus et al. 2012).

Ramenní kloub je ze své podstaty nestabilní. Pravidelným plaveckým tréninkem navíc dochází ke vzniku dysbalance, neboť hlavními svalovými skupinami generujícími dopředný pohyb jsou adduktory a vnitřní rotátory paže, dochází tedy k neúměrnému posílení m. latissimus dorsi a m. pectoralis major. M. teres minor je jedním ze svalů stabilizujících hlavici humeru v jamce. M. serratus anterior napomáhá optimálnímu nastavení a stabilizaci lopatky (Wanivenhaus et al. 2012).

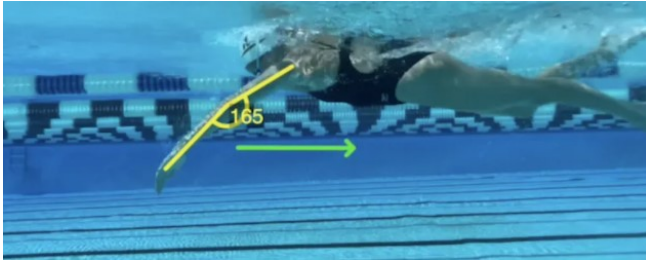
Nadměrným translačním pohybům hlavice humeru zabraňují statické stabilizátory (labrum glenoidale, kapsulární ligamenta) a aktivní stabilizátory, tedy svaly rotátorové manžety a svaly lopatky (Wanivenhaus et al. 2012). Zvýšené translační pohyby hlavice lze pozorovat u mnoha závodních plavců, avšak pouze u 20 % byla prokázána generalizovaná laxicita vaziva (Pink a Tibone 2000). Pravděpodobně tedy dochází k určitému zvýšení laxicity i v důsledku kontinuálního přetěžování (Rupp et al. 1995; Wanivenhaus et al. 2012)

Pro plavání je z hlediska biomechaniky typických hned několik pohybů, které jsou potenciálně poškozující pro rameno. Níže uvádím 3 příklady špatné techniky kraulu:

- vstup paže do vody příliš „naplocho“ (Obrázek 6);
- paže zůstává paralelně s hladinou po vstupu do vody (Obrázek 7);
- vnitřní rotace paže při přenosové fázi (Obrázek 8) (Mullen 2018).



Obrázek 6 Porovnání korektní techniky zavedení ruky vs. zavedení příliš "naplocho" (NA 2021a)



Obrázek 7 Optimalní nastavení paže po vstupu do vody (NA 2021b)



Obrázek 8 Přenosová fáze záběru (NA 2021c)

Stresové zátěži na rameno se nelze zcela vyhnout při plavání. Lze však do určité míry upravit techniku tak, aby se minimalizovala jak závažnost, tak doba trvání přílišné stresové zátěže na rameno a snížit tak pravděpodobnost vzniku zranění. Například úhel směřující šikmo dolů při zavedení paže nastavuje paži pod úroveň ramene při dokončení vstupu do vody, což snižuje intenzitu stresového zatížení na rameno. Okamžité pokračování v záběru po dokončení zavedení ruky do vody snižuje dobu trvání stresového zatížení na rameno. Zevní rotace paže při přenosové fázi také snižuje stresové zatížení ramene (Mullen 2018).

Pokud ruka při zavedení do vody překračuje sagitální osu těla, dochází k impingementu m. supraspinatus a dlouhé hlavy bicepsu (Wanivenhaus et al. 2012).

Záda jsou druhým nejčastějším místem zranění u plavců hned po rameni. Nedávná studie ukázala, že 68 % závodních plavců mělo určitý stupeň degenerace intervertebrálních disků ve srovnání s 29 % v kontrolní skupině rekreačních plavců. Nejčastěji byly postižené disky L5/S1 u závodních plavců. Nicméně, a možná trochu

překvapivě, nebyla zjištěna žádná statisticky signifikantní souvislost mezi degenerací disků a symptomatickou bolestí zad (Mullen 2018; Kaneoka et al. 2007).

Všechny plavecké způsoby obsahují hyperextenzi bederní páteře za účelem dosažení hydrodynamické pozice (Obrázek 5). Tato pozice je ještě zvýrazněna vlnivým pohybem při prsovém či motýlkovém stylu. Vysoká intenzita a vysoký počet opakování záběrů zatěžují posteriorní struktury bederní páteře, což může vyústit ve spondylolýzu až spondylolistézu. Dalšími rizikovými faktory pro vznik bolesti beder u závodních plavců jsou tréninkové pomůcky jako ploutve, desky pro trénink izolovaného plaveckého kopu, desky pro trénink izolované práce paží. Tyto pomůcky zvyšují hyperextenzi bederní páteře (Nyska et al. 2000; Wanivenhaus et al. 2012).

1.3.2.4. Rizikové faktory pro vznik zranění

Signifikantní nezávislé prediktory poranění ramene podle Walkera (2012) jsou ROM zevní rotace a předchozí poranění ramene. Plavci s epizodou bolesti ramene v anamnéze měli větší riziko zranění ramene 4,1 x. Plavci se zvětšeným ($\geq 100^\circ$) nebo zmenšeným ($< 93^\circ$) ROM zevní rotace v ramenním kloubu mají vyšší riziko vzniku zranění ramene než plavci se středním rozsahem pohybu v rameni do zevní rotace (Walker et al. 2012)

Zvýšený rozsah pohybu do zevní rotace je také spojen se sníženou kinestézií dominantního ramene u sportovců, což je možno připisovat mikrotraumatickému poškození kloubního pouzdra a receptorů a tato změněná proprioceptivní informace může ovlivnit stabilizační funkci svalů ramene (Allegrucci et al. 1995; Nyland et al. 1998).

Vztah mezi omezenou vnitřní rotací a vyšším rizikem zranění ramene nebyl ve studii Walkera (2012) potvrzen.

Skapulární dyskineze jako rizikový faktor není plně vědecky podložena. Hickey (2017) došel k závěru, že přítomnost skapulární dyskineze zvyšuje riziko bolesti ramene o 43 % v následujících 9 až 24 měsících. Hogan (2020) to na první pohled vyvrací tvrzením, že skapulární dyskineze není signifikantně spojena s rozvojem zranění ramene u sportovců, není tedy izolovaným rizikovým faktorem. Avšak přiznává, že skapulární dyskineze ukazuje určitý trend ke zvýšení rizika zranění ramene, 25 % sportovců se skapulární dyskinezí vyvinulo poranění ramene (Hickey et al. 2018; Hogan et al. 2020).

Mullen (2018) uvádí, že 3 hlavní rizikové faktory pro vznik zranění ramene u plavců jsou: špatná technika, přetížení a svalové dysbalance.

Blanch (1999) publikoval sadu deseti diagnostických testů pro plavce. Jsou zaměřeny především na flexibilitu, neboť deficity ve flexibilitě vedou k rozvoji kompenzačních strategií pohybu a potenciálnímu zvýšení rizika přetížení. Jedná se o následující testy: 1) abdukce s vnitřní rotací, 2) rotace hrudní páteře, 3) rozvíjení hrudníku, 4) vnitřní rotace v glenohumerálním skloubení, 5) kombinovaná elevace, 6) vnitřní rotace v kyčli a zevní rotace tibie, 7) extenze v kyčli, 8) „straight leg raise“ (test pasivní flexe v kyčli s nataženou dolní končetinou), 9) flexe v kyčli, 10) plantární flexe v kotníku.

1.3.2.5. Preventivní programy pro plavce

Preventivní strategie lze rozdělit do několika podskupin.

První skupinou, a tedy i možností, jak předcházet zraněním je snaha o biomechanicky nezávadnou techniku záběru (Wanivenhaus et al. 2012). Žádný sportovec nemá ideální techniku, každý pracuje se svými vlastními odlišnostmi, ale celý tým (sportovec, trenér, zdravotní tým) by měl usilovat o přiblížení se tomuto cíli. Zároveň je důležité všimnout si náhlých změn v technice záběru (Wanivenhaus et al. 2012). Spadlý loket v přenosové fázi se vyskytuje u plavců s bolestí ramene. Plavec se tím vyhýbá bolesti pomocí snížení úhlu vnitřní rotace paže.

Další preventivní strategií je korekce svalových dysbalancí. Svalová rovnováha umožňuje rytmický pohyb lopatky namísto dyskinetického pohybu typického pro plavce s bolestí ramene (Johnson et al. 2003).

Posilování je další strategií a mělo by být zaměřeno na vytrvalostní sílu m. serratus anterior, střední části m. trapezius a m. subscapularis (Scovazzo et al. 1991; Johnson et al. 2003). Čtyři nejvíce uznávané a efektivní cviky využívané v klinické praxi jsou: elevace lopatek, kliky a veslování (Moseley et al. 1992; Johnson et al. 2003). Silový trénink je neefektivnější po plaveckém tréninku, anebo jako samostatná jednotka. Jeho zařazení před plaváním není vhodné, protože může dojít k únavě svalů rotátorové manžety, a tedy zvýšení rizika zranění (Johnson et al. 2003). V optimálním případě by měly být u každého plavce určeny individuální silové deficity (Wanivenhaus et al. 2012). Tento autor uvádí také příklad silového tréninku pro plavce.

Čtvrtou strategií je strečink, který by měl doplňovat silový trénink. Dostupná literatura uvádí jako efektivní izolovaný strečink m. pectoralis major a minor, posteriorní část kloubního pouzdra a m. latissimus dorsi (Wilk a Arrigo 1993; Johnson et al. 2003). I zde u flexibility je optimálním případem určení individuálních deficitů (Wanivenhaus et al. 2012) a jejich korekce. Jak vyplývá z rizikových faktorů, uvedených v předchozí kapitole 1.3.2.4, existují určité optimální rozsahy pohybu, do kterých by se plavec měl vejít. Pokud tyto požadavky splnit nelze, dochází při pohybu k rozvoji kompenzačních mechanismů, které plavce buď zpomalí a/nebo ho predisponují ke zraněním z přetížení (Blanch 1999).

Poslední součástí do preventivního plánu je posilování středu těla, důraz by měl být kladen na břišní muskulaturu a svaly lopatky (Wanivenhaus et al. 2012). Hlavním cílem je kontrola pánve a vyhýbání se excesivním pohybům do anteverze. Stejně jako u silového tréninku by i tady měl být kladen důraz na vytrvalostní složku (Johnson et al. 2003). Existuje mnoho různých metod, jak „core“ posilovat, některé jsou vhodnější, některé méně. Cviky na bázi opakovaných flexí páteře (sed-lehy, sklapovačky) jsou dnes již méně doporučované, neboť zvyšují riziko poškození bederní páteře a také podporují dysbalance jako např. hyperkyfotizaci hrudní páteře či protrakční držení ramen.

Nedílnou součástí prevence je samozřejmě pečlivá monitorace tréninkového objemu, intenzity a trvání zátěže trenéry (Wanivenhaus et al. 2012).

1.3.3. Jízda na koni

1.3.3.1. Kineziologie

Kůň se pohybuje třemi základními druhy pohybu: krokem, klusem a cvalem (Pugh a Bolin 2004). Sed jezdce musí aktivně reagovat na kterýkoli pohyb koně pod sebou a pomocí specifických pomůcek ho řídit. Nesmí koně v pohybu rušit, ani mu v něm zabraňovat. Mezi hlavní chyby sedu patří neklidný sed, příliš tuhý a neuvolněný sed, velká snaživost jezdce či naopak velká pasivita ze strany jezdce (Carva 2014).

Pro sed na koni jsou využívány svaly dolních končetin, převážně m. gluteus maximus, m. quadriceps femoris, skupina adduktorů kyčelního kloubu a skupina hamstringů, mezi svaly bérce patří převážně m. triceps surae (Dylevský 2007).

Pro optimální pohyb jezdce je zásadní trupová stabilita. „Pokud při diferencovaném působení jednotlivými pomůckami nebude trup jezdce stabilizován, přenáší se pohyb z jednotlivých segmentů těla na jiné a není možné udržet trup jezdce v klidu, což je pro jezdecký sport nezbytné“ (Vozáková 2008). Nahrazení stabilizace trupu aktivitou povrchových extenzorů páteře vede k přetěžování těchto svalů a potenciálně bolestem zad, neboť tyto svaly slouží primárně k zajištění pohybu (Vozáková 2008).

Získání rovnováhy na koni je podmíněno fixací určitého pohybového vzoru. Čím náročnější je pohyb koně na rovnováhu jezdce, tím déle probíhá vytvoření pohybového stereotypu i trénink optimální postury (Vozáková 2008).

Vozáková (2008) ve své práci popisuje vliv vybraných prvků z kineziologického rozboru jezdce stěžejních pro jízdu na koni. Pánev by měla být ve fyziologické antevertzi, což umožňuje vzpřímený sed jezdce. Zvýšená antevertze vede k výpadku trupové stability a přetížení m. erector spinae, ale také ke kompenzačnímu posunu dolních končetin na koni dorzálně, což znemožňuje správné působení jezdce na koně. Naopak retrovertze pánve vede ke kyfotizaci bederní i hrudní páteře a posunu dolních končetin opět dorzálně. Šikmá pánev způsobí, že jezdec bude mít problém ovládat koně na jednu stranu, na opačnou stranu, než ke které je pánev sešikmená. Pro korektní ovládání koně je důležitá schopnost izolovaně pohybovat končetinami na stabilním trupu, a to izolovaně horními končetinami vůči dolním, i v pravo-levém vztahu. Vliv na sed koně může mít také asymetrická délka dolních končetin, která je většinou spojena se šikmou pávní.

Důležitá je i oblast horního trupu, protrakce ramen a kyfotizovaná hrudní páteř opět znemožňují korektní sed jezdce a působení pomůckami.

Pro správný sed je důležité také pravidelné dýchání. Zadržování dechu či nepravidelné dýchání je známkou napětí a na to jsou koně citliví. Svalstvo podílející se na dechové funkci má navíc úzkou souvislost s tuhostí páteře a hrudníku (Carva 2014).

Všechny tyto faktory vedou k potenciálnímu zvýšení rizika pádu z koně, neboť znemožňují korektní komunikaci mezi jezdce a koněm skrze pomůcky, kterými jezdec koně řídí.

1.3.3.2. Incidence zranění

Míra incidence zranění v jezdeckém sportu je ve srovnání s jinými sporty nízká (2/1000 h) oproti např. wrestlingu (10,7/1000 h) (Havlik 2010). Profesionální jezdci mají sice celkově nižší incidenci zranění, ale zato mají vyšší riziko zranění závažných (Lechler et al. 2011). Průměrně jeden z pěti jezdců utrpí během své jezdecké kariéry vážné zranění vyžadující lékařské ošetření a potenciální hospitalizaci (Havlik 2010). 20 % mladých jezdců zaznamená zranění každý rok (Krolikowski et al. 2018).

Dominují zranění akutní vůči zraněním z přetížení. Nejčastěji jsou poraněny horní končetiny. Fraktury končetin tvoří 17,9 % zranění parkurových jezdců (Krolikowski et al. 2018). Dále může docházet také k poranění měkkých tkání horních končetin. Úrazy hlavy jsou méně časté, ale tvoří 50 % všech úrazů vedoucích k hospitalizaci (Krolikowski et al. 2018). V posledních letech došlo ke snížení počtu úrazů hlavy a krku v důsledku vyššího používání certifikovaných ochranných helem jezdců (Havlik 2010). I přes ochranné vybavení však dochází v důsledku pádu na hlavu u třetiny jezdců k otřesu mozku (Meredith et al. 2018). Otřesy mozku tvoří celkově 9,5 % zranění parkurových jezdců. Častá jsou také poranění trupu, která se objevují nejen v důsledku pádu z koně, především při skákání, ale také při zacházení s koněm ze země. Jedná se nejen o zranění zad, ale zasaženy mohou být i plíce či oblast břicha (Havlik 2010). Mezi častá zranění hrudníku patří zlomeniny žeber a klíční kosti, ale také pneumotorax či hemotorax (Ball et al. 2007). Literatura se shoduje na tom, že je v jezdeckém sportu relativně málo poranění dolních končetin (Havlik 2010). Pohmožděniny tvoří 30,8-31,4 % úrazů spojených s jízdou na koni v USA (Krolikowski et al. 2018).

Celkem 33,7 % dotázaných uvedlo, že mají v důsledku zranění vzniklého při jízdě na koni přetrvávající problémy. Nejčastěji byly uváděny bolesti pohybového aparátu (28,7 %), dále jizvy (18,2 %) a omezená hybnost v kloubech (13,6 %). Kolem 1,1 % účastníků studie se potýkalo s neurologickým poškozením ve smyslu snížení svalové síly, čítí či závrativých stavů (Lechler et al. 2011).

Akutní zranění mohou vést k závažným důsledkům, avšak v moderním pětiboji je třeba vzít v úvahu i „pouze“ přetížení vznikající při této disciplíně, neboť v kombinaci se zátěží z ostatních disciplín může být toto přetížení klinicky významné. V důsledku neustále držené dorzální flexe v hlezenním kloubu dochází často k přetížení m. tibialis anterior. Další výrazně přetěžovanou skupinou svalů jsou jednokloubové adduktory stehna. TrPs (z angl. termínu „*trigger points*“, spoušťové body) v těchto svalech mohou způsobovat přenesenou bolest kolenního kloubu, ale i proximálních segmentů. TrPs lze očekávat také v m. erector spinae, m. longissimus thoracis a m. iliocostalis thoracis. Dále přetížení pletence ramenního v důsledku neustále udržovaného tahu otěží (Vozáková 2008).

Jízda na koni byla z hlediska počtu hospitalizací souvisejících s daným sportem zařazena mezi nejrizikovější sporty. V žebříčku figuruje před automobilovými závody, motocyklovými závody, americkým fotbalem či lyžováním. Jezdeckví má také jednu z nejvyšších mortalit ze všech sportů, s roční mírou úmrtnosti 1/1 milionu jezdců (Ball et al. 2007).

1.3.3.3. *Mechanismy vzniku zranění*

Nejčastějším mechanismem úrazu v jezdeckém sportu je pád z koně (Krolikowski et al. 2018) s prevalencí 60 až 80 % ze všech zranění souvisejících s jezdeckým sportem. Druhým nejčastějším mechanismem je nakopnutí jezdce koněm (3 až 15 % všech zranění), dále pošlapání a pokousání (Havlik 2010).

Jako nejčastější příčina úrazu pádem z koně bylo určeno vlastní zavinění jezdce (53 %), druhou příčinou bylo chování koně (31 %) a na třetím místě selhání materiálu (16 %) (Lechler et al. 2011). Ball (2007) uvádí, že ve 35 % případů bylo důvodem pádu polekání koně, ve 27 % případů nebyl kůň dostatečně trénovaný pro splnění požadavků jezdce, v 15 % případů byl uveden jako příčina špatný temperament koně, ve 12 % případů došlo k prostému pádu koně.

Dvě třetiny jezdců ve studii amerického autora (Ball et al. 2007) uvedly, že se nehodě a s ní spojenému úrazu dalo předejít.

Jak je uvedeno o kapitolu výše (1.3.3.2), jezdeckví je spojeno také s rizikem vážných zranění. K těm dochází především proto, že kůň není předvídatelný tak jako třeba motorka či automobil. Průměrný kůň váží kolem 500 kg a pohybuje se rychlostí až 65 km/h, zvedá jezdce až 3 metry nad zem a kope silou blížící se 1 tuně (Ball et al. 2007). Všechny tyto faktory vystavují jezdce signifikantnímu riziku vyhození ze sedla či pádu. Takovýto pád může znamenat působení decelerační síly 100-300 g na horní část těla a hlavu, s přidaným rizikem následného zalehnutí jezdce koněm nebo zašlápnutí některé části těla jezdce po pádu (Havlik 2010).

1.3.3.4. *Rizikové faktory pro vznik zranění*

Existuje relativně málo vědecky ověřených vnitřních rizikových faktorů, které by predisponovaly jezdce ke zranění. Obecně lze říci, že jezdec potřebuje pro bezpečnou jízdu dobré vnímání rovnováhy, přiměřenou fyzickou zdatnost a bdělost při jízdě (McCrary a Turner 2005). Za rizikové faktory lze potenciálně považovat všechny faktory způsobující rozrušení koně, často vlivem nejasných signálů jezdce, které zamezují dobré komunikaci mezi koněm a jezdce. Většina z těchto faktorů je zapříčiněna nedostatečnou trupovou stabilitou. U začínajících jezdců lze často pozorovat problém s koordinací horních a dolních končetin, které musí při jízdě na koni pracovat zcela nezávisle na sobě a jejich aktivita musí být izolována od vyrovnávacích pohybů trupu. Vliv na sed jezdce má také nastavení pánve, odchylky od neutrálního nastavení způsobují nejasné signály pro koně, neboť váha je jedním z prostředků, jak koně ovládat. Více informací o této problematice lze získat v závěrečné práci „*Vliv jízdy na koni a parkurového skákání na bolesti zad*“ (Vozáková 2008).

Riziko zranění u žen je o 10 % vyšší než u mužů (Krolikowski et al. 2018). Jezdci se zkušeností kratší než 3 roky mají 3x vyšší riziko zranění než jezdci středně zkušené, 5x vyšší riziko než jezdci zkušení a 8x vyšší riziko ve srovnání s profesionálními jezdci. Profesionální jezdci mají oproti tomu vysoké riziko zranění závažných (Krolikowski et al. 2018).

Jezdecká helma snižuje až 5x riziko úrazu hlavy (Krolikowski et al. 2018). 89 % profesionálních jezdců a 94 % amatérských jezdců nosí ochrannou helmu při každé jízdě

na koni, avšak pouze 9 % amatérských a 2 % profesionálních jezdců využívá ochrannou vestu (Lechler et al. 2011).

1.3.3.5. Preventivní programy pro jezdce

Prevence se v literatuře zaměřuje především na vnější rizikové faktory jako je ochranné vybavení, zásady tréninku či pravidla závodů, z vnitřních faktorů pak na edukaci jezdce. Jak je zmíněno v kapitole 1.3.3.4, ochranná helma snižuje riziko úrazu hlavy zhruba 5x (Havlik 2010).

Jelikož jsou úrazy hlavy časté v jezdeckém sportu, je důležitá také edukace o příznacích případného otřesu mozku a jak se zachovat v situaci, kdy k němu u některého sportovce dojde. Zahraniční zdroje nabízejí schéma postupu při řešení této situace a také další informace k tématu otřesu mozku (Krolikowski et al. 2018).

Silový a neuromuskulární trénink pro jezdce vytvořili autoři z norského *Oslo Sports Trauma Research Center* (Skadefri 2021).

1.3.4. Střelba

1.3.4.1. Kineziologie

„Přesný výstřel vyžaduje od střelce vyplnění určitých úkonů – přípravy, míření, zadržení dechu a spuštění. Všechny tyto úkony jsou nutnými prvky přesného výstřelu a jsou vzájemně závislé.“ (Jurjev 1966)

Tyto dílčí úkony probíhají ve střelecké části moderního pětiboje v rychlém sledu. V moderním pětiboji jde totiž o co nejrychlejší čas se zachováním přesnosti střelby.

Sportovní střelba je charakteristická statickou svalovou prací s menší energetickou náročností, ale rychlou únavností. Velmi důležitý je postoj střelce. Stojící lidské tělo je ve smyslu fyzikálních vlastností labilní. Těžiště se nachází nad základnou mírně rozkročeného stoje. Poloha těla musí být pevná, ale ne křečovitá, bez zbytečného napětí. Ideální střelecký postoj neexistuje, každý střelec si musí vyzkoušet, co mu vyhovuje. Rozdíly mezi jednotlivci lze najít především v postoji střelce ke směru střelby. Není ani boční, ani kolmý, ale šikmý v různém stupni mezi těmito dvěma „extrémy“. Stejně tak úhel mezi paží a spojnicí ramen je individuální (Brych 2008). Pro přesný výstřel je zapotřebí zpevnění paže v rameni, na kterém se účastní izometricky m. deltoideus, m. supraspinatus, m. infraspinatus a vrchní snopce m. pectoralis (Jurjev 1966). Ramenní pletenec je propojen s trupem skrze lopatku, na jejíž stabilizaci se účastní svaly mm. rhomboidei, m. trapezius, m. serratus anterior a další. Těžiště ruky je značně posunuto od ramene (Brych 2008). Zde se ale moderní pětiboj odlišuje od ostatních střeleckých disciplín, neboť v něm nedochází k typicky střeleckému vyklonění trupu ve snaze posunout těžiště blíže k tělu. Laserová zbraň váží mezi 800-1500 gramy, což je únosná hmotnost i pro jednu paži. Výstřel nemá zpětný ráz a ve snaze o co nejrychlejší zvládnutí pěti terčů ani nedochází k dlouhým statickým výdržím při míření jako je tomu u střelby klasické.

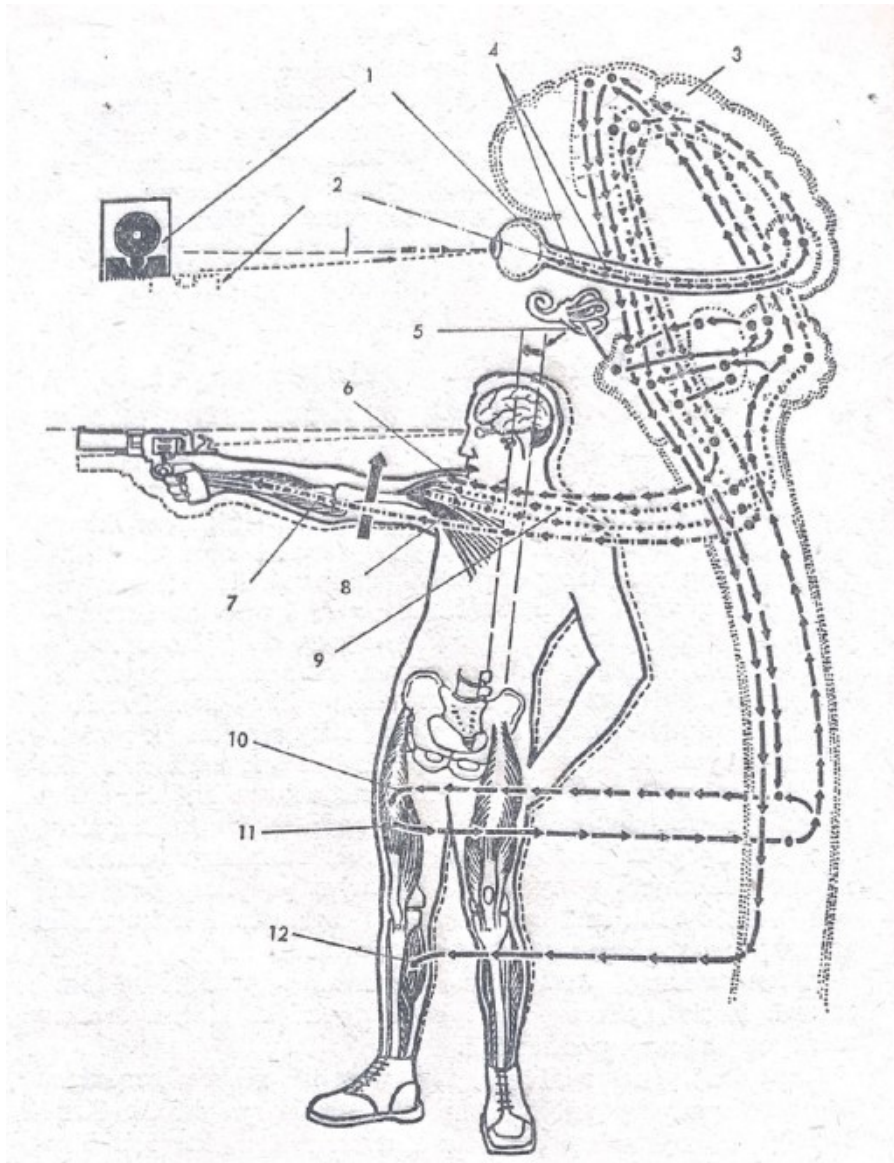
Pro přesnou střelbu je rozhodující i držení zbraně. Pistoli drží v podstatě v dlani ruky dva prsty: prostředník a prsteník. Palec by se do držení neměl zapojovat nebo co nejméně, tlak palce při výstřelu pistoli vychyluje doleva. Nadměrné sevření prstů na pažbě zvyšuje tlak malíku do strany a vede také k vychýlení. Spuštění je provedeno izolovaným pohybem ukazováku (Brych 2008).

Je všeobecně známo, že dýchání je provázáno rytmickými pohyby hrudního koše, břicha atd.; k zajištění nepohyblivosti zbraně a zachování směru dosaženého míření je nutné zadržet dech při spuštění rány (Jurjev 1966). Celý proces je však v moderním pětiboji tak rychlý, že k zadržování dechu téměř nedochází.



Obrázek 9 Pozice moderního pětibojaře při střelbě (UIPM 2021)

Míření jako takové je velmi složitý proces vyžadující od střelce zrakově pohybový soulad činnosti. Velké množství nejrůznějších podráždění, vnímaných především receptory oka, proprioceptory a receptory vestibulárního ústrojí, přicházejí dostředivými drahami do centrální nervové soustavy, do mozkové kůry, odkud potom přicházejí odpovídající podněty – „rozkazy“ – k různým svalům, které pak vykonávají činnosti, např. udržení vzpřímeného držení těla, držení paže s pistolí, zadržování dechu při výstřelu, pohyb ukazováku na spoušti v okamžiku vhodném pro výstřel. Schéma nervových procesů při výstřelu znázorňuje Obrázek 9 (Jurjev 1966).



Obrázek 10 Schéma průběhu nervových procesů při výstřelu (Jurjev 1966)

1.3.4.2. Incidence zranění

Střelecké disciplíny jsou spojeny s velmi nízkým rizikem zranění. Většinu zranění střelců tvoří zranění z přetížení. Časté jsou tendinitidy. Přetížení je distribuováno v oblasti ramene, zápěstí a ruky (Kabak et al. 2015).

1.3.4.3. Mechanismy vzniku zranění

Při zdravotních prohlídkách střelců byl často zjištěn slabý svalový aparát, porucha rovnováhy mezi jednotlivými svalovými skupinami, vady v postavení hlavy, pánve a často bolestivé stavy v oblasti páteře. Z převahy izometrické svalové aktivity dochází k hypertonu zatěžovaných svalů (Hynouš a Bok 1980).

Střelba klade poměrně velké nároky na trupovou stabilitu a na stabilizaci lopatek. V případě nedostatků v těchto aspektech dochází k neoptimálnímu biomechanickému zatěžování a potenciálně ke vzniku bolesti ramene či zad.

Důležité je při střelbě také dýchání. Nesprávné dýchání se projeví na celkovém stavu organismu střelce, a tím i na výsledku střelby (Jurjev 1966).

1.3.4.4. Rizikové faktory pro vznik zranění

Rizika poranění při sportovní střelbě jsou oproti jiným sportům velmi malá. Ovšem i přesto lze najít rizikové faktory, které mohou vést k přetížení ramene či páteře, což jsou u pistolových střelců nejvíce zatížené oblasti. Rizikovým faktorem je vadné držení těla, neoptimální postavení lopatek a vlastně jakákoli dysbalance v oblasti horního trupu. Patologické držení se s každou zátěží prohlubuje a zhoršuje.

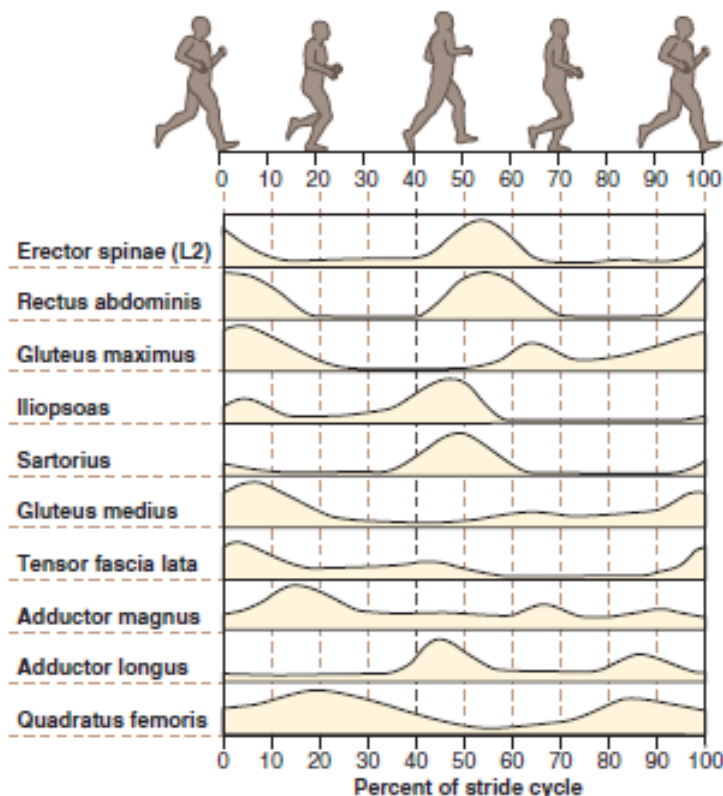
1.3.4.5. Preventivní programy pro střelce

Kompenzačně je pro střelce doporučován silový trénink, zaměřený především na rozvoj posturálního svalstva, dále strečink, trénink rovnováhy a techniky uvolnění svalů jako je autogenní trénink či metoda progresivní svalové relaxace (Horneber 1993).

1.3.5. Běh

1.3.5.1. Kineziologie

Běh je cyklická bipedální lokomoce vpřed (Bernaciková et al. 2010; Dylevský I. a kol. 1997). Obsahuje fázi, kdy ani jedna končetina není v opoře, čímž se odlišuje od chůze. Tato fáze se nazývá letová, případně švihová, a je o něco delší než fáze oporná (Dylevský I. a kol. 1997). Čas strávený ve vzduchu se prodlužuje se zvyšující se rychlostí. Svaly musí generovat větší množství energie pro „zvednutí“ hlavy, trupu a horních končetin výše než při chůzi a pro nesení hlavy, trupu a horních končetin v průběhu celého cyklu. Svaly a klouby také musí být schopny absorbovat zvýšené množství energie, aby byla zachována kontrola váhy hlavy, trupu a horních končetin (Physiopedia 2021). Druhou fází, která se s fází letovou pravidelně střídá je fáze oporná. Fáze oporná začíná došlapem švihové nohy, kdy končetina nejdříve zabraňuje pádu, poté vytváří oporu a následně má ještě funkci propulzní (Dylevský I. a kol. 1997). Přehled svalové aktivity během jednotlivých fází běhu vyobrazuje pomocí intenzity EMG aktivity Obrázek 11.



Obrázek 11 Schéma EMG aktivity jednotlivých svalů zúčastněných na běžecím pohybu (Neumann 2013)

1.3.5.2. *Incidence zranění*

Celková incidence zranění dolních končetin u běžců je dle poznatků (van Gent et al. 2007) mezi 19,4 a 79,3 %. Incidence zranění u přespolních běžců je 16,3/1000 h běhu (Clermont et al. 2018).

Obecně nejčastěji zraněnými segmenty dolní končetiny jsou koleno (incidence 7,2-50 %), lýtko (9,0-32,2 %), chodidlo (5,7-39,3 %) a stehno (3,4-38,1 %) (van Gent et al. 2007). Tato distribuce zranění se mírně mění u různých běžeckých disciplín či u mladších věkových skupin. U středoškolských přespolních běžců byla nejčastěji poraněna hleň (28 %) a koleno (28 %), dále kotník (16 %) a oblast kyčle (13 %) (Rauh 2014; Rauh et al. 2006; Armstrong a Mechelen 2017).

Většina zranění běžců nejsou zranění akutní, ale zranění z přetížení (Tenforde et al. 2011; Lopes et al. 2012; Rauh 2014; Armstrong a Mechelen 2017). U středoškolských přespolních běžců tvořily zranění z přetížení až 84 % všech zranění (Rauh 2014; Armstrong a Mechelen 2017). Mezi pět nejčastějších zranění z přetížení patří: patellofemorální bolestivý syndrom, iliotibiální syndrom, plantární fascitida, poranění menisků a mediální tibiální stresový syndrom (Clermont et al. 2018).

Nejčastějšími typy zranění z běhu u dětí a adolescentů jsou mediální tibiální stresový syndrom s prevalencí 39 %, dále výrony kotníku (30 %), patellofemorální bolestivý syndrom (19 %), únavové zlomeniny (5-14 %), tendinopatie Achillovy šlachy (7 %), ITB syndrom (6 %), a plantární fascitida (4 %) (Kelsey et al. 2007; Rauh 2014; Armstrong a Mechelen 2017).

1.3.5.3. *Mechanismy vzniku zranění*

V této kapitole uvedu mechanismy vzniku dvou častých patologií běžců a také náhled do běžecké techniky, která může významně snížit biomechanické zatížení dolní končetiny.

Zánět okostic neboli mediální tibiální stresový syndrom (dále MTSS) je charakterizovaný difúzní tibiální anteromediální nebo postromediální povrchovou subkutánní periostitidou. V některých případech je základem onemocnění mikrotrauma kortikální kosti, v jiných případech je prvotní přetížení měkkých tkání. Jednou z možných příčin vzniku onemocnění je snížená hustota minerálů v kosti (BMD; z anglického *bone mineral density*). Retrospektivní studie ukázaly snížené hodnoty BMD na dolní končetině

s MTSS oproti zdravým cvičícím jedincům v kontrolní skupině. Dále byly u jedinců s MTSS objeveny odlišné geometrické parametry oproti zdravým kontrolám: nižší hodnoty plochy průřezu tibie a modulu průřezu. Tyto faktory mohou zvyšovat pravděpodobnost rozvoje MTSS. Dřívější studie naznačují propojenost MTSS s některými svaly či svalovými skupinami. Neshodují se však ve svých závěrech. Obecně lze tedy říci, že ke vzniku MTSS může přispívat přetížení m. soleus, m. tibialis posterior či m. flexor digitorum longus (Franklyn 2015).

Patellofemorální bolestivý syndrom je termín zastřešující bolesti postihující patellofemorální kloub. Nejčastějším faktorem přispívajícím ke vzniku patellofemorální bolesti je biomechanická dysfunkce. Skloubení patelly a trochley může být variabilní, což může některým jedincům způsobovat potíže. Tento kloub také vyžaduje vyváženou aktivitu přilehlých měkkých tkání. Nerovnováha v zapojení svalů vede ke zvýšené distribuci sil mezi patellu a femur a následně k bolesti (Loudon 2016).

Toto onemocnění je multifaktoriální, mezi příčiny řadíme abnormální anatomii či postavení končetiny, abnormální trajektorii patelly při pohybu, vlivy z distálních či proximálních článků kinematického řetězce (kyčel, akrum) a celkové přetížení (Powers 2003). Při vysokých objemech repetitivních pohybů jako třeba při běhu pak dochází v důsledku neoptimálního zatěžování ke vzniku přetížení.

Obecně lze říci, že k rozvoji zranění z přetížení dochází v důsledku neoptimálního biomechanického zatížení, a to jak samotného bolestivého segmentu, tak i ostatních segmentů tvořících kinematický řetězec při běhu. Anderson (2018) uvádí, že 3 nejčastější běžecká zranění: iliotibiální syndrom, únavová zlomenina tibie a patellofemorální syndrom – jsou spojeny se zvětšeným úhlem addukce v kyčli během stojné fáze.

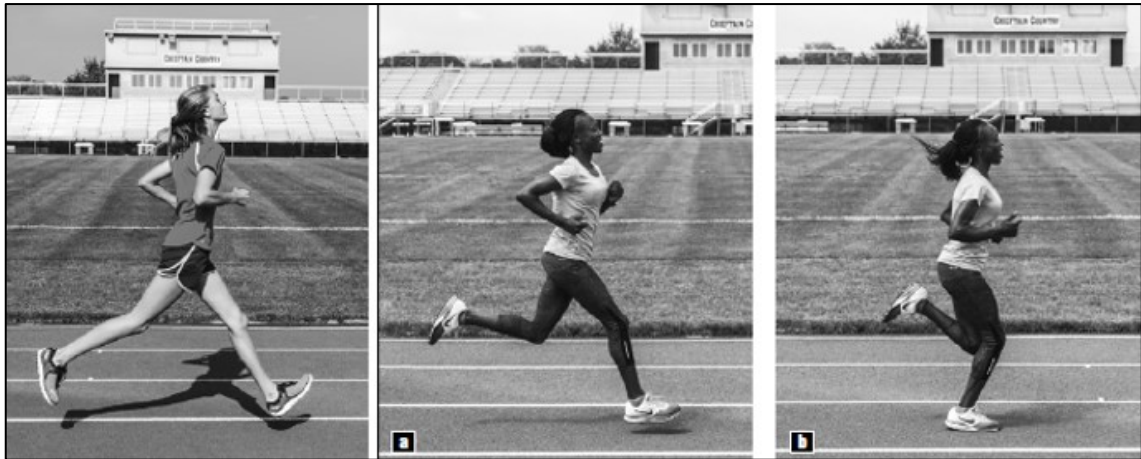
Jedním z možných mechanismů vzniku zranění z přetížení je i běžecká technika. Mezi neoptimální prvky patří došlap na patu a na extendovanou dolní končetinu (Obrázek 12). Výsledné síly jdou nahoru a zpět, místo dopředu. Došlap na patu zároveň prodlužuje dobu kontaktu s podložkou o v průměru o 17 ms/krok (Hasegawa et al. 2007), což má značně nepříznivý efekt na výkon. Přepočteno na 5 km dojde ke zpomalení o 53,8 s (Anderson 2018).

Důvodem proč většina běžců došlapuje přes patu je zřejmě konvenční běžecká obuv.

Při došlapu na patu musí koleno a kyčel odolávat, kontrolovat a reagovat na poměrně velké působící síly. Dochází také k přetěžování svalů holeně, které musí kontrolovat „slap-down“ chodidla, tedy plantární flexi těsně po kontaktu paty se zemí. Naopak svaly lýtkové a Achillova šlacha jsou zatěžovány jen středně (Anderson 2018).

Přetížená místa z došlapu na patu jsou tedy: koleno, kyčel, m. tibialis anterior.

Došlap na střední část chodidla ihned distribuuje síly skrze chodidlo a kotník. Tento typ došlapu neobsahuje „slap-down“ fázi, tedy plantární flexi chodidla. Naopak ihned po došlapu dochází k dorziflexi v kotníku, špička se tedy přibližuje k holeni. To klade zvýšené nároky na Achillovu šlachu a lýtkový sval ve snaze excentricky kontrolovat dorziflexi. Není špatné využít potenciál lýtka a Achillovy šlachy, ale je potřeba myslet na to, že rychlým přechodem z došlapu na patu na došlap na střední část chodidla může dojít k přetížení právě lýtkového svalu a Achillovy šlachy, neboť jedna noha došlápně zhruba 5400x během hodinového běhu. K velmi rychlé změně došlapu dochází také při změně obuvi z konvenční běžecké obuvi se zvýšenou patou na minimalistickou obuv, která běžce přirozeně vede ke změně došlapu na střední část chodidla. Ke změně došlapu by tedy mělo dojít během delšího časového intervalu a postupně, jinak hrozí riziko přetížení lýtkového svalu a Achillovy šlachy či metatarzálních kostí (Anderson 2018).



Obrázek 12 Porovnání běžkyně došlapující na patu a extendovanou dolní končetinu s keňskou běžkyní s optimální biomechanikou došlapu (Anderson 2018)

Důležitou roli v prevenci zranění u běžců hraje také kadence. Běžci s nízkou kadencí mají větší addukci a více vnitřní rotace v kyčli během stojné fáze. Studie z roku 2014 odhalila, že zvýšení kadence o 10 % snížilo síly působící na kolenní kloub o 14 %

(Lenhart et al. 2014), což je efekt, který by mohl snížit šanci vzniku patellofemorální bolesti či poranění kolene (Anderson 2018).

1.3.5.4. Rizikové faktory pro vznik zranění

Mezi neovlivnitelné rizikové faktory patří pohlaví. Literatura ukazuje, že muži mají vyšší hodnoty normalizované míry zranění než ženy (Ryan et al. 2014). Ovšem ve studii adolescentních běžců byly signifikantně vyšší počty zranění zaznamenány u dívek ve srovnání s chlapci, riziko zranění je vyšší u dívek o 30-40 % (Rauh et al. 2006). Dívky jsou rizikové také pro únavové zlomeniny. Nižší věk menarché a celková nižší kostní hustota jsou spojeny s vyšším rizikem únavových zlomenin (Kelsey et al. 2007). Statisticky signifikantní rizikový faktor je předchozí zranění dolních končetin a nekompletní rehabilitace (Clermont et al. 2018). Dalšími rizikovými faktory jsou vyšší věk, pokles os naviculare a rozdíl v délce dolních končetin (van der Worp et al. 2015).

Jedním z ovlivnitelných rizikových faktorů zranění spojených s během je funkce nohy. Jako signifikantní rizikový faktor byly zjištěny vyšší výchylky COP (z angl. „*center of pressure*“, středu tlaku) při běhu v laterálním a mediálním směru, a také zvýšené či snížené hodnoty tlakových sil pod pátým metatarzem (Dowling et al. 2014). Také stabilizace kyčelního kloubu je uváděna jako rizikový faktor. Oslabení stabilizátorů kyčle vede k atypické mechanice zatížení dolní končetiny a kumulaci sil působících při běhu, což zvyšuje riziko přetížení některého segmentu (Ferber et al. 2009). Často zmiňovaný rizikový faktor je úhel quadricepsu. Dle některých studií jsou hodnoty $\geq 20^\circ$ a pravolevý rozdíl $\geq 4^\circ$ považovány za signifikantní rizikové faktory (Rauh et al. 2007; 2006). Jiné studie toto nepotvrzují (Messier et al. 2018; Park a Stefanyshyn 2011). Z poznatků z předchozí kapitoly také víme, že vyšší riziko zranění je u běžců s došlapem na patu, s došlapem na extendovanou dolní končetinu (resp. vyššími hodnotami úhlu holeně, viz 1.3.5.5) a nízká kadence běhu (Anderson 2018). K tomu lze přidat ještě faktor prolínající se všemi druhy sportu a tím je trupová stabilita, resp. její nedostatečnost jako rizikový faktor zmiňuje opět (Anderson 2018). Z vnějších rizikových faktorů lze uvést náhlé zvýšení týdenní kilometráže, jednotvárná zátěž (pouze krátké či dlouhé tratě) a více jak 33 % zátěže v kopcovitém či nerovném terénu (Rauh 2014; Tenforde et al. 2011).

Rizikovými faktory specificky pro iliotibiální syndrom jsou (1) větší maximální úhel inverze chodidla zadní dolní končetiny při běhu; (2) vyšší hodnoty maximálního úhlu vnitřní rotace v kolenu; a (3) vyšší hodnoty maximální addukce v kyčelním kloubu

v porovnání se zdravými kontrolami. Ve studii byly zastoupeny pouze ženy (Ferber et al. 2010).

Jako rizikové faktory specifické pro patellofemorální syndrom, který je jedním z nejčastějších zranění běžců byly určeny následující faktory. Střední až silná evidence byla zjištěna pro zpožděnou a kratší aktivitu m. gluteus medius při běhu (Barton et al. 2013). Dalšími rizikovými faktory jsou údajně: (1) zvýšení týdenního objemu tréninku o více jak 30 % během 2 týdnů; (2) oslabení m. quadriceps femoris; (3) zpožděná aktivace mm. vasti; (4) snížená flexibilita m. quadriceps femoris a hamstringové skupiny svalů; (5) snížená síla adduktorů kyčelního kloubu; a (6) snížená síla zevních rotátorů kyčelního kloubu (Dutton et al. 2016). (Neal et al. 2016) uvádí, že běžci s patellofemorální bolestí mají neoptimální biomechanické postavení dolní končetiny a zvýšenou maximální vnitřní rotaci v kyčelním kloubu a pokles pánve kontralaterálně.

Specifickými rizikovými faktory pro MTSS jsou vyšší hodnoty BMI, pokles os naviculare, větší ROM plantární flexe v kotníku a ROM zevní rotace v kyčli v porovnání se zdravými kontrolami (Hamstra-Wright et al. 2015).

1.3.5.5. Preventivní programy pro běžce

Velmi podstatnou kapitolou prevence zranění u běžců je úprava běžecké techniky. Z dostupné literatury lze doporučit 3 níže uvedené hlavní prvky techniky, které jsou zásadní pro prevenci poranění a neoptimálního zatěžování dolních končetin u běžců. V knize (Anderson 2018) se lze inspirovat i konkrétními kroky ke změně jednotlivých prvků techniky.

Změna došlapu z došlapu na patu na došlap na střední část chodidla

Tuto změnu lze provést velmi rychle, někteří běžci zvládnou po jedné instrukci změnit došlap. Nicméně cesta k trvalé změně došlapu může trvat až měsíce. Lidský neuromuskulární systém není nakloněný rychlým změnám a musí tedy dojít k postupné adaptaci (Anderson 2018) a přepsání pohybového vzoru.

Změna úhlu holeně při došlapu

Úpravu úhlu holeně (ÚH) lze teoreticky také provést rychle, nicméně poté když se běžec přestane soustředit, většinou se mu ÚH opět zvětší na původní hodnoty. Optimální hodnota ÚH se pohybuje mezi 6-7°. Při vysokých hodnotách ÚH jsou lýtkové

svaly relativně málo aktivní. Při zmenšení ÚH se aktivují mnohem více. Rychlá změna může způsobit značný diskomfort lýtkových svalů, ale v dlouhodobém horizontu snižuje riziko zranění. Změnu je nutné provést pozvolně, aby nedošlo k přetížení lýtkových svalů či Achillovy šlachy (Anderson 2018).

Zvýšení kadence běhu

Třetím důležitým prvkem jak pro výkon, tak pro prevenci zranění je vysoká kadence běhu. Optimální hodnoty se pohybují kolem 180 kroků za minutu. Průměrný běžec má kadenci 160-165 kroků za minutu. Zvýšení kadence vede dočasně ke zkrácení kroku, ale jakmile se neuromuskulární systém adaptuje na tuto změnu, přirozeně se vrátí k původní délce kroku. Důležité je také pracovat na propulzivní síle dolních končetin. Pokud je běžec schopný vyvinout větší propulzivní sílu, dojde i při vyšší kadenci k zachování délky běžecského kroku (Anderson 2018).

V rámci komplexního přístupu k prevenci zranění je důležitá také edukace běžců o rizikových faktorech a brzkých symptomech zranění. Je důležité identifikovat rizikové faktory jak vnitřní, tak vnější a pokud možno je minimalizovat. Tréninkový objem zvyšovat postupně a pomalu (Armstrong a Mechelen 2017). Jakobsen et al. (1994) zjistil, že klinické vyšetření následované edukací o prevenci zranění (vyhýbat se rychlému zvýšení objemu, zdůraznit význam rozcvičení a řešení dlouhodobých symptomů přetížení) a individualizovaný tréninkový program založený na opakovaných běžecských testech v průběhu času byly významně efektivní ve snížení počtu běžecských zranění u dospělých běžců na dlouhé tratě.

V systematické rešerši literatury byly nalezeny následující protektivní faktory: (1) posílení m. gluteus medius a m. gluteus maximus; (2) udržování stejné úrovně běžecského zatížení; (3) modifikace podrážek běžecských bot zlepšující vnitřní moment plantární flexe v kotníku; (4) technika svalového vyladění; (5) excentrický trénink; a (6) pružný běžecský povrch (Gijon-Nogueron a Fernandez-Villarejo 2015).

Paralelní používání více párů běžecských bot je také považováno za preventivní prvek vzniku zranění (Malisoux et al. 2015).

2. CÍLE A HYPOTÉZY

2.1. Cíle

Cílem této práce je analyzovat současnou incidenci zranění a přetížení u moderních pětibojařů, dále jaké je současné využití preventivních strategií a jaký je jejich vliv na incidenci zranění.

Sekundárním cílem je teoretický rozbor jednotlivých disciplín z pohledu kineziologie, incidence zranění, mechanismů vzniku zranění, rizikových faktorů a již existujících preventivních programů.

2.2. Hypotézy

H1: Moderní pětibojaři trpí častěji zraněními dolních končetin než zraněními horních končetin.

H2: Míra incidence zranění je z disciplín moderního pětiboje nejvyšší u běhu.

H3: Strategií prevence zranění s největším procentuálním zastoupením u moderních pětibojařů je strečink.

H4: Silový trénink má statisticky signifikantní vliv na snížení počtu zranění u moderních pětibojařů.

3. METODIKA

3.1. Popis sledovaného souboru

Jak je zmíněno v kapitole o moderním pětiboji, na světě je v rámci Mezinárodní federace moderního pětiboje (UIPM) registrováno něco přes 1000 závodníků starších 17 let. Právě UIPM sdílela na svých sociálních sítích (Facebook, Instagram) přihlášení do této studie skrze odkaz na vstupní dotazník.

Vstupními kritérii pro účast ve studii byly 3 aspekty:

1. jedinec je momentálně aktivní sportovec věnující se modernímu pětiboji
2. trénuje všech 5 disciplín moderního pětiboje (tzn. není v mládežnické kategorii, kde se trénují jen některé disciplíny)
3. splňuje věkové rozmezí 15-35 let.

Přihlásilo se celkem 43 účastníků, z 15 zemí světa. Časové okno pro přihlášení do studie byl poslední únorový týden 2021. Někteří účastníci (n=16) vyplnili pouze vstupní dotazník a nezapojili se do 10týdenní prospektivní studie, nebyli tedy zahrnuti do statistické analýzy výsledků 10týdenní studie.

3.2. Design studie

Jedná se o prospektivní kohortovou studii dotazníkového typu. Pro účely této práce byly využity 2 dotazníky, oba konstruované v dotazníkovém systému. Na otázky z dotazníku odpovídali sami sportovci.

3.2.1. Vstupní dotazník

První dotazník obsahoval informovaný souhlas, pole pro vyplnění kontaktního emailu a dále 12 otázek různého typu zaměřených na základní údaje o probandovi, o jeho tréninkovém objemu a zkušenosti, o jeho závodní úrovni, o jeho tréninkových zvyklostech, ale především o jeho současných strategiích prevence zranění, a dále dotaz na subjektivní určení lokalizace 3 nejvíce přetěžovaných segmentů těla. Celý vstupní dotazník lze nalézt v příloze 1.

3.2.2. 10týdenní dotazník

Druhý dotazník sloužil k zaznamenávání zranění a přetížených oblastí po dobu 10 týdnů. Byla využita modifikovaná verze týdenního (frekvence dotazníku 1x týdně) standardizovaného dotazníku „Oslo Sports Trauma Research Center Questionnaire

on health problems“ (Clarsen et al. 2014). Modifikovaná verze dotazníku obsahovala celkem 23 otázek. Dotazník disponoval logickým zobrazováním otázek dle předchozích odpovědí. Společné pro všechny probandy byly první 3 otázky dotazující se, zda měl potíže při tréninku či soutěži z důvodu zranění, nemoci či jiných zdravotních problémů, zda musel z důvodu těchto obtíží omezit tréninkový objem a do jaké míry mu obtíže ovlivnily výkon. Pokud proband neměl žádné obtíže, ani redukovaný objem tréninku, ani ovlivnění výkonu, dotazník byl po těchto třech otázkách ukončen. V případě nenulové odpovědi na kteroukoli z otázek se zobrazila otázka s možností zaškrtnout více odpovědí, zda se jednalo o zranění, nemoc či jiný zdravotní problém. Při zaškrtnutí zranění se otevřela sada otázek sloužících k registraci zranění. Konkrétně bylo dotazováno na tyto podotázky: lokalizace zranění, diagnóza (pokud byla stanovena), intenzita bolesti, počet dní úplně bez tréninku z důvodu zranění, počet dní s modifikovaným tréninkem, disciplína, při které zranění vzniklo, zda proband cítil diskomfort předcházející tomuto zranění, zda je to opakující se či pokračující zranění z předchozího týdne, zda byl lékař či fyzioterapeut informován o tomto zranění, zda má další zranění k registraci. Proband mohl v rámci jednoho dotazníku registrovat 2 zranění. Probandi byli také instruováni, aby zaznamenávali nejen zranění, ale i bolest a diskomfort pohybového aparátu pro možnost zachycení přetížení, která pak vedou ke zraněním z přetížení. Tento dotazník je uveden v příloze 2.

3.3. Vybrané parametry

3.3.1. Incidence zranění

Incidence je nejběžnější způsob vyjádření rizika zranění. Míra incidence je parametr definovaný jako počet nově vzniklých zranění ve zkoumané populaci za specifikované časové období nebo počet nově vzniklých zranění za časové období vydělený celkovým počtem sportovců ve zkoumaném časovém období (Phillips 2000).

3.3.2. Kumulativní parametr omezení sportovce

Vyjádřuje součet bodů z prvních 3 otázek, které vyplnil každý sportovec, tedy jaká byla jeho participace v tréninku (body 0-3, 0 = plná participace, 3 = nemohl se zúčastnit tréninku či soutěže), jaký byl jeho tréninkový objem (body 0-4, 0 = tréninkový objem bez omezení, 4 = nemohl se zúčastnit tréninku či soutěže) a jak byl ovlivněn jeho výkon (body 0-4, 0 = výkon bez omezení, 4 = nemohl se zúčastnit tréninku či soutěže) v průběhu uplynulého týdne. Tyto 3 otázky byly převzaty z validizovaného dotazníku *Oslo Sports Trauma Research Center questionnaire on health problems*, a stejně tak výpočet kumulativního skóre (Clarsen et al. 2014).

3.3.3. Dny bez tréninku a dny s modifikovaným tréninkem

Parametry „počet dní bez tréninku v průběhu uplynulého týdne“ a „počet dní s modifikovaným tréninkem“ jsme využili jako jedny z indikátorů závažnosti zranění. Sportovec byl požádán o zaškrtnutí počtu dní 0 až 7 v obou parametrech. V odborné literatuře zabývající se sportovní medicínou je obecně využívaný termín „time-loss“ vyjadřující počet dní, kdy nebyla možná plná participace v tréninku. (Clarsen et al. 2013) však upozorňuje na to, že v individuálních sportech dochází často k tréninku i přes existenci zranění, pouze s určitou modifikací tréninku. Proto jsme v dotazníku rozdělili „time-loss“ na dny s nutností úplně vynechat trénink a dny s nutností modifikovat trénink z důvodu zranění či přetížení.

3.3.4. Lokalizace zranění

Pro určení lokalizace zranění byly využity stejné lokalizace jako v dotazníku od (Clarsen et al. 2014), tedy následujících 20 tělesných segmentů: hlava/obličej, krk, rameno (včetně klíční kosti), paže, loket, předloktí, zápěstí, ruka/prsty, hrudník/žebra, břicho, hrudní páteř, bederní páteř, pánev a hýždě, kyčel a třísla, stehno, koleno, bérce, kotník, chodidlo/prsty, jiná lokalizace.

3.3.5. Intenzita bolesti

Pro hodnocení intenzity bolesti byla sportovcům nabídnuta škála 0-10 s následujícími popisky jednotlivých hodnot:

- (0) *Bez bolesti*; Nemám žádnou bolest.
- (1) *Minimální*; Má bolest je sotva znatelná.
- (2) *Mírná*; Mám mírnou úroveň bolesti. Jsem si jí vědom jen když se na ni soustředím.
- (3) *Nepohodlná*; Má bolest mě obtěžuje, ale jsem schopný ji po většinu času ignorovat.
- (4) *Střední*; Jsem si konstantně vědom mé bolesti, ale jsem schopný pokračovat ve většině aktivit.
- (5) *Vyrušující*; Myslím na svou bolest většinu času. Nemohu vykonávat každodenní aktivity, které potřebuji z důvodu bolesti.
- (6) *Znepokojující*; Pořád musím myslet na svou bolest. Kvůli bolesti musím vzdát mnoho aktivit.
- (7) *Nezvládnutelná*; Cítím bolest úplně pořád. Nemohu dělat většinu aktivit.
- (8) *Intenzivní*; Moje bolest je tak silná, že je těžké myslet na cokoli jiného. Mluvení či poslouchání je obtížné.
- (9) *Velmi silná*; Bolest je vše na co zvládnou myslet. Kvůli bolesti jen stěží mluvím nebo se hýbu.
- (10) *Neschopnost pohybu*; Jsem v posteli a nemohu se kvůli bolesti hýbat. Potřebuji, aby mě někdo odvezl na pohotovost, aby mi pomohl od bolesti.

3.3.6. Typ zranění

Probandi byli dotázáni, zda se jedná o nové zranění, nebo se dané zranění objevilo v posledních 4 týdnech (tedy se jedná o pokračující zranění), či déle jak před 4 týdny (zranění repetitivní).

3.3.7. Disciplína, při které došlo ke vzniku zranění

Při jaké disciplíně došlo ke vzniku zranění. Bylo možné zaškrtnout jednu ze 6 možností: šerm, plavání, jízda na koni, střelba, běh, jiné.

3.4. Statistická analýza

Při hledání možných závislostí mezi dvěma a více nepárovými dichotomickými proměnnými (např. zda je závislost mezi určitým typem preventivní strategie a incidencí zranění) jsme použili Pearsonovu Chí-kvadrát 2x2 či r x c kontingenční tabulku. Pro hledání možných závislostí mezi kardinálními/ordinálními proměnnými (např. doby trvání rozcvičení a úrazovosti) bylo využito Pearsonova korelačního koeficientu. Při srovnávání průměrů v případě kardinálních/ordinálních proměnných bylo použito dvouvýběrového či párového t-testu. Statistická analýza byla provedena pomocí SPSS 23 (IBM Corp.).

4. VÝSLEDKY

4.1. návratnost dotazníku

Do studie se přihlásilo prostřednictvím vstupního dotazníku celkem 43 účastníků. Někteří účastníci přihlášení skrze vyplněný vstupní dotazník (n=16) se dále nezapojili do vyplňování dotazníku 10týdenního, nebyli tedy zahrnuti do statistického zpracování incidence zranění. Celkem bylo vyplněno 169 týdenních monitorovacích dotazníků z 270 rozeslaných.

4.2. Základní data o zkoumaném souboru probandů

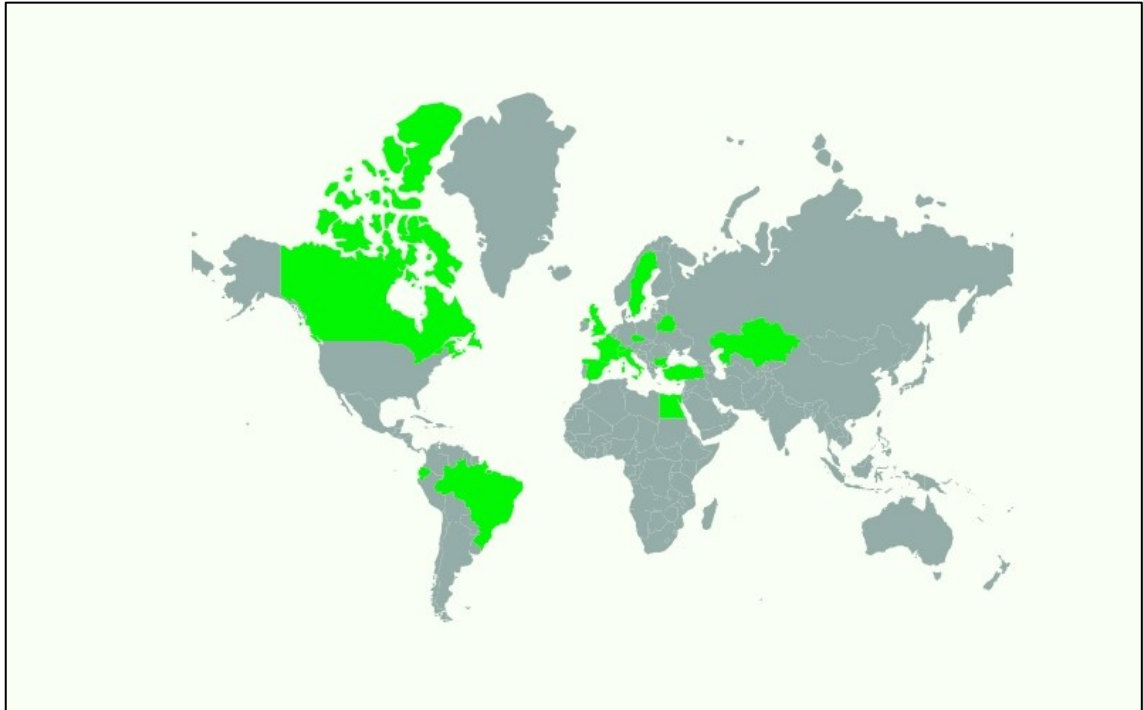
<i>Demografické informace</i>			
<i>Počet přihlášených účastníků</i>	n = 43		
<i>Věk</i>	$\bar{x} = 20,2$ let (15-31)		
<i>Pohlaví</i>	Muži	20	47 %
	Ženy	23	53 %
<i>Závodní úroveň</i>	Národní reprezentace	22	54 %
	Podporovaný sportovec, ale není členem reprezentace	17	41 %
	Nepodporovaný sportovec	2	5 %
<i>Počet hodin tréninku/ týden</i>	Méně než 5 h/ týden	1	2 %
	5-10 h/ týden	2	5 %
	10-15 h/ týden	8	19,5 %
	15-20 h/ týden	6	15 %
	20-25 h/ týden	8	19,5 %
	25-30 h/ týden	9	22 %
	Více než 30 h/ týden	7	17 %
	<i>Počet let tréninku</i>	$\bar{x} = 7,4$ let (1-19)	

Tabulka 1 Demografické informace o probandech

V Tabulka 1 jsou znázorněny demografické informace o probandech. Do studie se přihlásilo 43 probandů (4,3 % sportovců registrovaných UIPM). Průměrný věk všech účastníků (n=43) činil 20,2 let v rozmezí 15 až 31 let. Rozložení pohlaví bylo téměř rovnoměrné, 47 % mužů a 53 % žen. Většina zúčastněných sportovců byli v době účasti ve studii členy národní reprezentace či podporovanými sportovci. Moderní pětibojaři nejčastěji trénují 25-30 hodin týdně, což činí v průměru 4,6 hodiny denně při zachování

úplného tréninkového volna jeden den v týdnu. Průměrný účastník této studie se věnuje modernímu pětiboji 7,4 let, v rozmezí 1 rok až 19 let.

4.3. Přehled zúčastněných zemí



Obrázek 13 Přehled zúčastněných zemí

Studie se zúčastnili pětibojaři z 15 zemí (viz Obrázek 13): Bělorusko (1), Brazílie (1), Bulharsko (2), Kanada (1), Ekvádor (1), Egypt (9), Francie (1), Spojené království (3), Itálie (3), Kazachstán (1), Španělsko (1), Švédsko (1), Švýcarsko (2), Turecko (1), Česká republika (15). Celkem 43 přihlášených účastníků.

4.4. Data jednotlivých probandů

Proband	N vyplněných týdnů	N záznamů o zranění	N nových zranění	N dní bez tréninku	N dní s modif. tréninkem	Kumul. parametr omezení sportovce	Počet prev. strategií
1	2	2	2	1	0	7	2
3	10	7	1	2	30	42	2
5	6	5	1	0	19	22	3
6	2	4	2	1	10	10	6
7	10	2	1	0	0	14	4
8	8	0	0	0	0	0	3
9	3	0	0	0	0	0	4
11	6	0	0	0	0	44	4
12	10	10	5	1	6	17	3
13	8	2	2	1	3	5	3
15	8	3	0	0	3	14	6
16	10	2	2	0	2	49	4
17	4	4	4	1	4	11	6
20	10	2	2	0	1	2	7
21	5	1	0	0	2	10	3
23	1	0	0	0	0	10	3
24	2	2	2	10	3	17	7
25	3	2	2	0	0	0	2
31	1	1	1	2	4	5	3
33	9	0	0	0	0	3	6
34	6	0	0	0	0	3	6
36	9	1	1	0	4	4	8
39	9	6	2	4	6	11	6
40	10	2	2	0	9	9	4
41	10	1	1	0	1	4	5
42	6	1	1	1	2	6	5
43	1	0	0	0	0	0	4

Tabulka 2 Přehledová tabulka jednotlivých účastníků studie a jejich data z 10týdenní prospektivní studie. Jsou vybráni pouze probandi, kteří se zapojili do 10týdenního dotazníku (n=27).

4.5. Míra incidence zranění moderních pětibojařů

Celkem jsme zaznamenali prostřednictvím dotazníku 34 nových zranění (n=21) a přetížení (n=13). 10 z těchto zdravotních incidentů trvalo déle jak týden. Data jsou od 27 probandů.

Míra incidence zranění vedoucích k omezení tréninku vychází 3,1 zranění /1000 hodin sportovní zátěže při průměrné zátěži 25 h/týden. Incidence zranění ramene vedoucích k omezení tréninku je 0,6 zranění/1000 hodin tréninku při průměrné zátěži 25 h/týden, u kolene, kotníku a bérce je incidence totožná 0,4 zranění/1000 hodin sportovní zátěže.

4.6. Distribuce zranění moderních pětibojařů

<i>Lokalizace</i>	<i>Frekvence</i>	<i>Procento</i>
<i>Hlava/obličej</i>	0	0 %
<i>Krk</i>	1	2,9 %
<i>Rameno (včetně klíční kosti)</i>	5	14,7 %
<i>Paže</i>	0	0 %
<i>Loket</i>	1	2,9 %
<i>Předloktí</i>	0	0 %
<i>Zápěstí</i>	0	0 %
<i>Ruka/prsty</i>	0	0 %
<i>Hrudník/žebra</i>	0	0 %
<i>Břicho</i>	0	0 %
<i>Hrudní páteř</i>	2	5,9 %
<i>Bederní páteř</i>	3	8,8 %
<i>Pánev a hýždě</i>	1	2,9 %
<i>Kyčel a třísla</i>	2	5,9 %
<i>Stehno</i>	3	8,8 %
<i>Koleno</i>	4	11,8 %
<i>Bérec</i>	4	11,8 %
<i>Kotník</i>	5	14,7 %
<i>Chodidlo/prsty</i>	1	2,9 %
<i>Jiná</i>	2	5,9 %
<i>Celkem</i>	38	100 %

Tabulka 3 Distribuce zranění

Celkem bylo registrováno 60 týdenních záznamů o zranění, z toho 26 záznamů nebylo započítáno do statistického zpracování, neboť se jednalo o pokračování zranění z předchozího týdne ($n = 24$) či zranění repetitivního charakteru ($n = 2$). Celkem bylo tedy zaznamenáno 34 nových zranění od 23 probandů, 4 probandi nezaznamenali žádné zranění po dobu studie. V Tabulka 3 je k vidění procentuální zastoupení zranění v jednotlivých lokalizacích. Nejvíce četná jsou zranění v oblasti ramene (14,7 %) a kotníku (14,7 %), dále v oblasti kolene (11,8 %) a bérce (11,8 %). Z tabulky lze odečíst, že většina zranění připadá na dolní končetiny (58,8 %), menší část zranění postihuje horní končetiny (17,6 %), trup (14,7 %) a oblast hlavy a krku (2,9 %). Poměr zranění dolních končetin ku horním je 3:1.

4.7. Zranění vs. disciplína

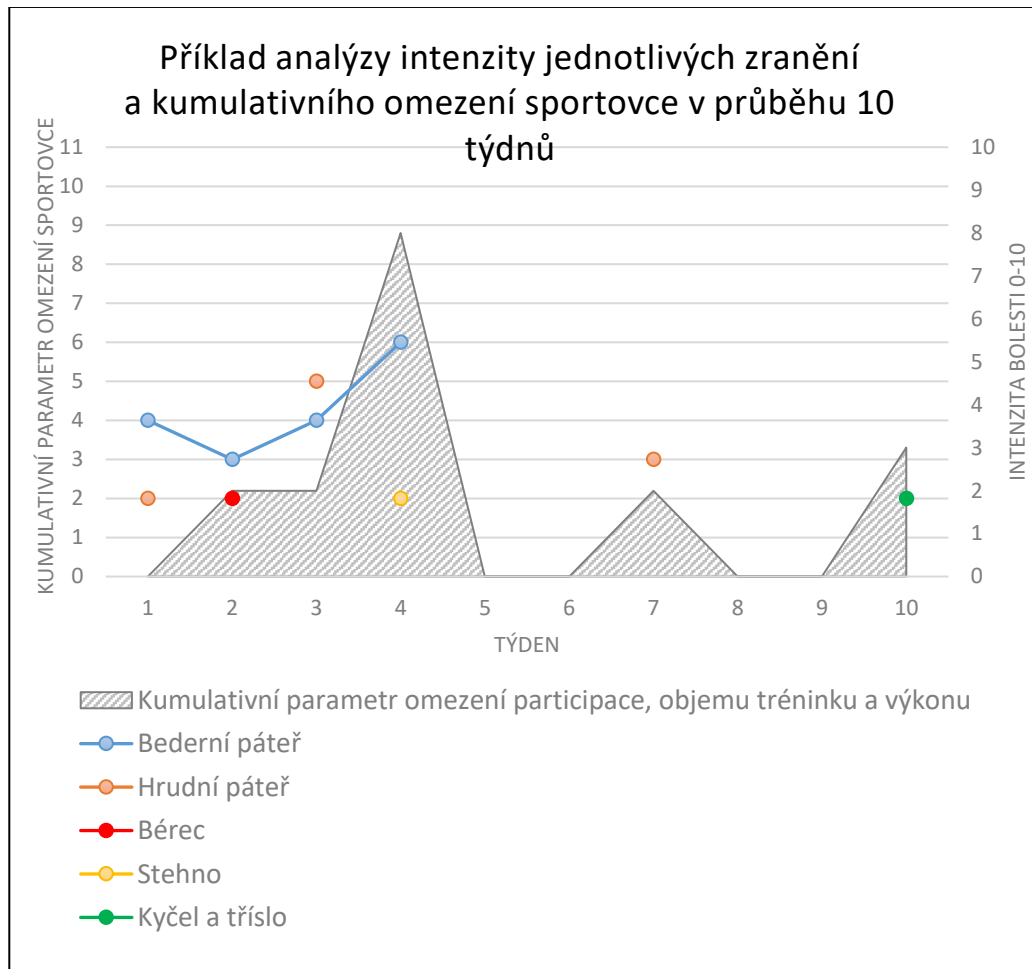
Z pohledu jednotlivých disciplín dominoval běh jako hlavní příčina vzniku zranění či přetížení (n=14). Na pomyslném druhém místě se umístilo plavání (n=7), dále šerm (n=6), jízda na koni (n=3) a se střelbou nebylo spojeno zranění žádné. 4 zranění nevznikla při tréninku disciplín moderního pětiboje. Z těchto počtů po vyřazení lehkých přetížení, v důsledku kterých nebylo nutné omezit či modifikovat trénink, vycházejí následující míry incidence pro jednotlivé disciplíny: běh 1,3/1000 h; plavání 0,6/1000 h; šerm 0,4/1000 h; jízda na koni 0,3/1000 h; střelba 0/1000 h. Všechny incidence jsou počítány na jednoho sportovce a ve vztahu k průměrné tréninkové zátěži 25 h/týden. Poměr incidence zranění v jednotlivých disciplínách znázorňuje Obrázek 14.



Obrázek 14 Grafické znázornění poměru incidence zranění v jednotlivých disciplínách

4.8. Příklad 10týdenní analýzy moderního pětibojaře (proband č.13)

Na níže uvedeném obrázku (Obrázek 15) je znázorněn průběh 10týdenního tréninkového procesu jednoho z účastníků studie. Probanda trápily dlouhodobě bolesti zad, což se odráželo i v tréninkovém procesu. Kromě bolestí zad se objevovaly krátkodobé bolesti jiných segmentů.



Obrázek 15 Analýza probanda č.13

4.9. Současné využití preventivních strategií moderními pětibojaři

<i>Typ preventivní strategie</i>	<i>n = 43</i>	<i>%</i>
<i>Silový trénink</i>	24	55,8 %
<i>Strečink</i>	31	72,0 %
<i>Posilování „core“</i>	18	41,9 %
<i>Proprioceptivní trénink</i>	3	7,0 %
<i>Trénink rovnováhy</i>	8	18,6 %
<i>Masáže</i>	24	55,8 %
<i>Individuální preventivní program</i>	4	9,3 %
<i>Fyzioterapie</i>	19	44,2 %
<i>Řádné rozcvičení a „cool-down“</i>	24	55,8 %
<i>Žádná</i>	0	0 %

Tabulka 4 Přehled využití preventivních strategií moderními pětibojaři

Tabulka 4 znázorňuje využití jednotlivých typů preventivních strategií moderními pětibojaři. Ve sloupci n je počet pětibojařů využívajících tuto preventivní strategii (z celkového počtu n = 43), ve sloupci % pak vidíme procentuální vyjádření, tedy kolik procent moderních pětibojařů danou preventivní strategii využívá. Je patrné, že nejvíce využívanou preventivní strategií je stále strečink (72,0 %). Mezi další hojně využívané preventivní strategie pak patří silový trénink (55,8 %), masáže (55,8 %) a kvalitní rozcvičení a „cool-down“ fáze tréninku (55,8 %). Ani ne polovina (44,2 %) z tohoto vzorku moderních pětibojařů využívá fyzioterapii k prevenci zranění. Individuální preventivní program má pouze 9,3 % probandů.

U preventivních strategií byl zkoumán také jejich vliv na incidenci zranění po 10 týdnu. U žádné z preventivních strategií nebyl zjištěn statisticky signifikantní rozdíl v následném počtu zranění či intenzitě zranění v podobě počtu dní s omezeným tréninkem oproti probandům, kteří danou preventivní strategii nevyužívají (data nezobrazena).

4.10. Vyhodnocení doby trvání a typu rozcvičení před tréninkem

Moderní pětibojaři mají různě dlouhá rozcvičení před jednotlivými disciplínami. Z dotazníku jsme zjistili, že před plaváním se rozcvičují v průměru 12 minut, před šermem 15 minut, před jízdou 5 minut, před střelbou 7 minut a před během 18 minut, ovšem mezi jednotlivci byly značné rozdíly (Tabulka 5).

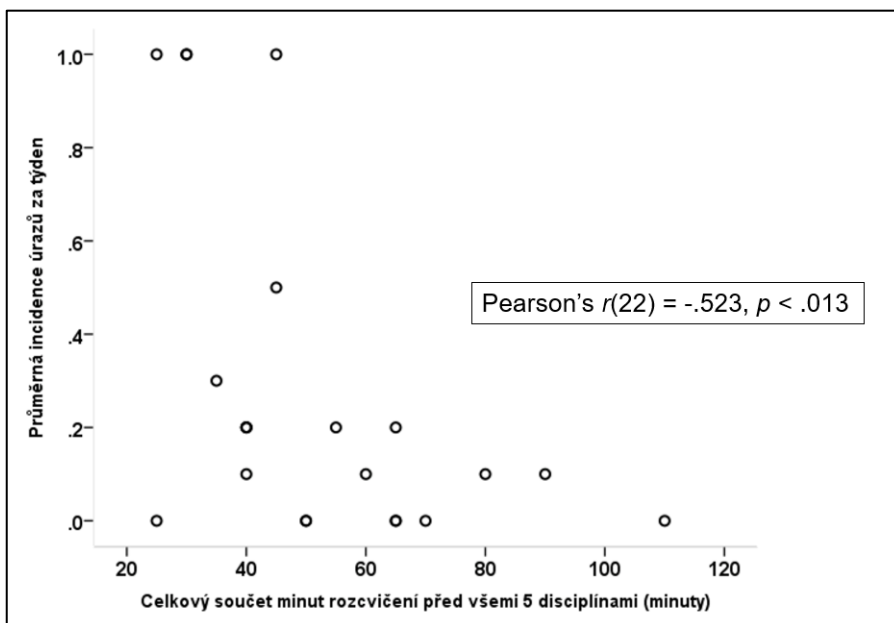
#	Field	0	5	10	15	20	> 20	Total
1	Swimming	7.69% 3	33.33% 13	15.38% 6	15.38% 6	15.38% 6	12.82% 5	39
2	Fencing	0.00% 0	5.13% 2	33.33% 13	38.46% 15	12.82% 5	10.26% 4	39
3	Riding	50.00% 19	23.68% 9	10.53% 4	10.53% 4	2.63% 1	2.63% 1	38
4	Shooting	33.33% 13	35.90% 14	15.38% 6	5.13% 2	2.56% 1	7.69% 3	39
5	Running	0.00% 0	7.69% 3	20.51% 8	15.38% 6	25.64% 10	30.77% 12	39

Tabulka 5 Analýza doby trvání rozcvičení před jednotlivými disciplínami

Nejvíce zastoupenými typy rozcvičení v plavání jsou dynamický strečink (49 %), sport-specifické preaktivační cviky (35 %) a lehká aerobní aktivita (33 %). V šermu se využívá dynamický strečink (74 %), sport-specifické preaktivační cviky (53 %) a lehká aerobní aktivita. Před jízdou na koni se velká část pětibojařů nerozcvičuje vůbec (35 %), část dělá sport-specifické preaktivační cviky (21 %) a část statický strečink (19 %). Před střelbou jsou to pak sport-specifické preaktivační cviky (35 %), statický strečink (21 %), anebo žádné rozcvičení (16 %). Běh, který vyžaduje nejdelší rozcvičení, je předcházen nejčastěji dynamickým strečkem (67 %), sport-specifickými preaktivačními cviky (63 %) a lehkou aerobní aktivitou (61 %).

4.11. Korelace doby trvání rozcvičení a incidence zranění

Po dobu deseti týdnů jsme u 22 pětibojařů hodnotili individuální průměrnou celkovou dobu rozcvičování (minuty) před všemi 5 disciplínami ($M = 52.5$, $SD = 21.7$) a průměrnou týdenní incidenci nových úrazů ($M = 0.282$, $SD = 0.37$). Před samotnou analýzou jsme testovali normální rozložení u obou proměnných. Vzhledem k tomu, že u celkové doby rozcvičování byla šikmost 1.01 a strmost 0.953 a u týdenní incidence úrazů byla šikmost 1.38 a strmost 0.404, předpoklad normálního rozložení nebyl narušen. Následně provedený výpočet Pearsonova korelačního koeficientu r zjistil statisticky signifikantní negativní korelaci, $r(22) = -.523$, $p < .013$ (Obrázek 16). Tudíž můžeme říci, že pětibojaři, kteří se rozcvičují kratší dobu, udávají také častější výskyt poranění.



Obrázek 16 Vztah mezi celkovým počtem minut rozcvičování před všemi 5 disciplínami (minuty) a průměrným počtem úrazů za týden. Každý bod představuje data individuálního jedince ($N = 22$)

4.12. Vyhodnocení trvání a typu cool-down fáze

V průměru nejdelší cool-down fázi mají moderní pětibojaři po běhu (13 minut), po šermu je to potom 8 minut, po plavání 6 minut, po jízdě na koni 3 minuty, po střelbě 2 minuty (Tabulka 6).

#	Field	0	5	10	15	20	> 20	Total
1	Swimming	17.95% 7	46.15% 18	30.77% 12	2.56% 1	2.56% 1	0.00% 0	39
2	Fencing	20.51% 8	35.90% 14	20.51% 8	17.95% 7	5.13% 2	0.00% 0	39
3	Riding	65.79% 25	21.05% 8	10.53% 4	0.00% 0	0.00% 0	2.63% 1	38
4	Shooting	76.92% 30	20.51% 8	0.00% 0	0.00% 0	2.56% 1	0.00% 0	39
5	Running	2.56% 1	15.38% 6	30.77% 12	30.77% 12	17.95% 7	2.56% 1	39

Tabulka 6 Analýza doby trvání "cool-down" fáze po jednotlivých disciplínách

Nejvíce zastoupeným typem cool-down fáze je po plavání lehká aerobní aktivita (42 %), statický strečink (35 %) a masáž/foam rolling/masáž pomocí masážní pistole (19 %). Po šermu je to statický strečink (63 %), masáž/foam rolling/masáž pomocí masážní pistole (42 %), či žádný (14 %). Po jízdě na koni většina sportovců nemá cool-down fázi (47 %), statický strečink (19 %), jiné (7 %). Po střelbě také většina sportovců nemá cool-down fázi (47 %), statický strečink (26 %), silová cvičení (5 %). Po běhu následuje ve velké většině případů statický strečink (72 %), lehká aerobní aktivita (49 %) či masáž/foam rolling/masáž pomocí masážní pistole (37 %).

5. DISKUZE

Shrnutí poznatků z teoretické části zabývající se kineziologií, incidencí zranění, mechanismy vzniku zranění, rizikovými faktory a již existujícími preventivními programy pro jednotlivé disciplíny moderního pětiboje

Celková incidence zranění v šermu je nízká. O něco vyšší je u mužů v důsledku agresivnějšího stylu boje (Harmer 2019), u žen se vyskytují častěji zranění kyčle a kolene (Turner et al. 2014). Většina šermířských zranění je lokalizována na dolních končetinách (63 %) (Harmer 2019), častěji na dominantní dolní končetině (Thompson et al. 2021). Nejčastěji se lze setkat s poraněním kolene (20 %), stehna (15 %) a kotníku (13 %). Na horní polovině těla pak s poraněním bederní páteře (9 %) a prstů ruky (7 %). Mezi typická poranění v šermu patří distorze kloubu (40,8 %) a poranění svalu (20,1 %) na dolních končetinách (Harmer 2019). Ze zranění z přetížení lze zmínit patellární tendinopatii vznikající v důsledku opakovaných „hopsavých“ pohybů v šermu. Dále patellofemorální syndrom způsobený vyosením trajektorie patelly. Na horní končetině dochází při přetížení extenzorů zápěstí k laterální epikondylitidě (Aleksyev et al. 2016). Prevenci zranění a silové přípravě šermířů se věnuje Turner et al. (2014; 2013). Doporučuje cíleně posilovat především hamstringy a dále uvádí sadu testů pro určení individuálních nedostatků jedince, které nejen limitují výkon, ale mohou vést i ke zranění. V rámci kompenzace šermířské asymetrie je vhodné zařadit trénink, který klade vysokou dopadovou zátěž na zadní dolní končetinu, tedy trénovat slabší dolní končetinu.

V plavání jasně dominují zranění chronického charakteru. Typické je plavecké rameno, tedy bolestivý stav charakteristický pozvolným nástupem, lze jej charakterizovat jako mikrotrauma (Tovin 2006). Wanivenhaus et al. (2012) určili 3 základní příčiny bolesti ramene: (1) biomechanika plaveckého záběru; (2) přetížení a únava svalů ramene, lopatky a horní části zad; (3) glenohumerální laxicita s následnou instabilitou ramenního kloubu. Signifikantní rizikové faktory pro zranění ramene jsou dle Walkera (2012) ROM zevní rotace v glenohumerálním skloubení a předchozí poranění ramene. Optimální rozsah ROM zevní rotace v glenohumerálním skloubení činí 93-100°. Hickey (2018) zmiňuje skapulární dyskinezi jako jeden z rizikových faktorů poranění ramene, avšak Hogan (2020) uvádí, že skapulární dyskineze není izolovaným rizikovým faktorem, nicméně přiznává určitý trend ve smyslu zvýšení rizika zranění ramene. Jednou z hlavních cest k prevenci zranění je snaha o biomechanicky nezávadnou techniku,

konkrétní chyby přispívající k rozvoji plaveckého ramene lze nalézt v publikaci Mullen (2018). Žádný sportovec nemá ideální techniku, každý pracuje se svými vlastními odlišnostmi, ale celý tým (sportovec, trenér, zdravotní tým) by měl usilovat o přiblížení se tomuto cíli (Wanivenhaus et al. 2012). Pro optimální biomechaniku pohybu je nezbytná silová vybavenost a také dostatečný rozsah pohybu v klíčových segmentech. Silovým tréninkem pro plavce se lze inspirovat v práci Wanivenhaus (2012), protokol pro určení individuálních deficitů ve flexibilitě zpracoval Blanch (1999). Součástí prevence je také cvičení trupové stability, která je při výkonnostním plavání nesmírně důležitá, neboť poloha ve vodě neposkytuje žádnou oporu, oporu musí mít plavec sám v sobě, aby se mohl efektivně pohybovat vpřed pomocí záběrů horních končetin. Wanivenhaus (2012) doporučuje posilování břišní muskulatury a svalů lopatky, Johnson (2003) dodává, že důraz by měl být kladen na vytrvalostní složku. Mezi další zranění typická pro plavání patří bolest zad a „prsařské koleno“, která jsou však typická spíše pro jiné plavecké způsoby než kraul.

Střelecké disciplíny jsou spojeny s velmi nízkým rizikem zranění. Většinu zranění střelců tvoří zranění z přetížení. Časté jsou tendinitidy. Přetížení je distribuováno především v oblasti ramene, zápěstí a ruky (Kabak et al. 2015). Příčinou může být nedostatečná trupová stabilita a dysbalance v oblasti lopatky. Kompenzačně je pro střelce doporučován silový trénink a cílený rozvoj posturálního svalstva, dále strečink, trénink rovnováhy a techniky pro uvolnění svalů jako je autogenní trénink či metoda progresivní svalové relaxace (Horneber 1993).

Míra incidence zranění v jezdeckém sportu je ve srovnání s jinými sporty nízká (2/1000 h) (Havlik 2010), ovšem závažností zranění a počtem hospitalizací souvisejících s tímto sportem se řadí naopak mezi sporty velmi rizikové. V žebříčku figuruje před automobilovými závody, motocyklovými závody, americkým fotbalem či lyžováním. Jezdeckví má také jednu z nejvyšších mortalit ze všech sportů, s roční mírou úmrtnosti 1/1 milionu jezdců (Ball et al. 2007). Dominují zranění akutní vůči zraněním z přetížení. Nejčastěji jsou poraněny horní končetiny. Fraktury končetin tvoří 17,9 % zranění parkurových jezdců (Krolikowski et al. 2018). Dále může docházet také k poranění měkkých tkání horních končetin. Úrazy hlavy jsou méně časté, ale tvoří 50 % všech úrazů vedoucích k hospitalizaci (Krolikowski et al. 2018). Nejčastějším mechanismem úrazu v jezdeckém sportu je pád z koně (Krolikowski et al. 2018) s prevalencí 60 až 80 % ze všech zranění souvisejících s jezdeckým sportem.

Jako nejčastější příčina úrazu pádem z koně bylo určeno vlastní zavinění jezdcem (53 %), druhou příčinou bylo chování koně (31 %) a na třetím místě selhání materiálu (16 %) (Lechler et al. 2011). Existuje relativně málo vědecky ověřených vnitřních rizikových faktorů, které by predisponovaly jezdce ke zranění. Obecně lze říci, že jezdec potřebuje pro bezpečnou jízdu dobré vnímání rovnováhy, přiměřenou fyzickou zdatnost a bdělost při jízdě (McCroory a Turner 2005). Za rizikové faktory lze potenciálně považovat všechny faktory způsobující rozrušení koně, často vlivem nejasných signálů jezdce, které zamezují dobré komunikaci mezi koněm a jezdce. K tomu je zapotřebí schopnost relaxovaného napřímeného sedu, trupová stabilita pro neustálé vyrovnávání měnicího se těžiště, fyziologická anteverze pánve, schopnost izolované práce končetin na stabilním trupu a také pravidelné dýchání (Vozáková 2008; Carva 2014). Nedostatky v těchto prvcích znemožňují jezdcům působit na koně i přes jeho volní úsilí a vedou k horším výkonům a pádům. V moderním pětiboji je třeba se těmto prvkům věnovat o to více, neboť oproti jezdce musí pětibojaři umět působit na koně jakékoli povahy, a navíc s kumulací únavy z předchozích disciplín. Jedním ze základních kamenů prevence zranění v jezdeckví je dostatečné ochranné vybavení, ochranná helma snižuje riziko úrazu hlavy zhruba 5x (Havlik 2010). Jedním z cílů této práce bylo poukázat i na jiné způsoby, jak snížit pravděpodobnost zranění v této disciplíně, a to pomocí diagnostiky a ovlivnění výše zmíněných prvků, kterými jezdec působí na koně.

U běžců silně dominují zranění z přetížení (84 %) nad zraněními akutními (Tenforde et al. 2011; Lopes et al. 2012; Rauh 2014; Armstrong a Mechelen 2017). Postiženy jsou především segmenty dolních končetin a oblast beder. Mezi pět nejčastějších zranění z přetížení patří: patellofemorální bolestivý syndrom, iliotibiální syndrom, plantární fascitida, poranění menisků a mediální tibiální stresový syndrom (Clermont et al. 2018). Vzhledem k tomu, že etiologie většiny chronických bolestí dolních končetin souvisí s biomechanikou, dá se obecně říci, že evaluace biomechaniky dolních končetin je klíčová pro prevenci těchto zranění. K neoptimálnímu biomechanickému zatížení může dojít v důsledku anatomických abnormalit, abnormálního postavení dolní končetiny jak ve statické, tak především v dynamické, v důsledku vlivů z distálních či proximálních článků kinematického řetězce nebo také v důsledku příliš velkého objemu zátěže (Powers 2003). Z preventivních strategií se zdá neúčinnější optimalizace běžecké techniky. Mezi neoptimální prvky patří došlap na patu a na extendovanou dolní končetinu. Důležitou roli v prevenci zranění u běžců hraje také

kadence (Anderson 2018). Mezi rizikové faktory patří mimo jiné také oslabení stabilizátorů kyčle (Ferber et al. 2009), hodnota úhlu quadricepsu $\geq 20^\circ$ a pravolevý rozdíl v síle quadricepsů $\geq 4^\circ$ (Rauh et al. 2007; 2006), nedostatečná trupová stabilita (Anderson 2018) a další.

Míra incidence zranění v moderním pětiboji

V této práci bylo zaznamenáno 34 nových zranění či přetížení pohybového aparátu u 27 probandů za dobu 10 týdnů, po vyřazení lehkých přetížení tedy 21 zranění vedoucích k omezení tréninku, což činí míru incidence 3,1/1000 hodin vystavení specifické sportovní zátěži při průměrné zátěži 25 h/ týden.

Není mnoho vědeckých prací zabývajících se prevalencí zranění v moderním pětiboji. Do roku 2009 byly publikovány pouze 2 retrospektivní studie zabývající se zraněními souvisejícími s moderním pětibojem. Data, která nasbírala Schmitz (1985) se týkala 5denního formátu moderního pětiboje, data od Kelm et al. (2003) nepočítají s kombinovanou disciplínou zavedenou v roce 2009. Ani Schmitz (1985), ani Kelm (2003) nepopisují zranění vedoucí k nutnosti omezit trénink či soutěž (tzv. „time-loss“), uvádějí pouze míry incidence zranění založené na incidentech vyžadujících lékařské ošetření (Caine et al. 2009). Kelm (2003) ve své studii z roku 2003 zaznamenal 224 zdravotních komplikací u 108 sportovců v průběhu 1 soutěžního roku. To znamená 2.07 zdravotních incidentů na atleta na rok. Akutní zranění se vyskytla v míře 0.5 na atleta na rok. Domníváme se, že vyšší hodnoty míry incidence zaznamenané v této studii jsou způsobeny prospektivním charakterem studie. Junge a Dvorak (2000) se zabývali odlišnými výsledky epidemiologických studií v důsledku odlišných definicí „zranění“, a také v důsledku typu sběru dat. Při porovnání dat z prospektivní studie trvající 1 rok a retrospektivní studie za ten stejný rok u týmu fotbalistů bylo zjištěno, že v retrospektivní studii hráči uvedli zhruba o 2/3 méně zranění. Byla opomenuta i závažnější zranění jako jsou fraktury.

Schmitz (1985) se zabývala incidencí zranění v jednotlivých disciplínách, publikovala míry incidence zranění za 10 000 hodin času stráveném při tréninku moderního pětiboje či soutěži: 8.6 jízda na koni, 5.6 běh, 1.4 šerm, 0.8 plavání, žádná zranění při střelbě. Oproti tomu výsledky této studie naznačují následující míry incidence zranění vedoucích k omezení tréninku: běh 1,3/1000 h (hypotéza H2 potvrzena); plavání

0,6/1000 h; šerm 0,4/1000 h; jízda na koni 0,3/1000 h; střelba 0/1000 h. Tyto míry incidence jsou odlišné od těch, co publikovala Schmitz v roce 1985, shodují se pouze u střelby. Roli bude hrát pravděpodobně jiný formát moderního pětiboje v roce 1985, jiné podmínky a metody tréninku a také jiný typ sběru epidemiologických dat.

Nejvíce přetížené segmenty a kumulativní zatížení v moderním pětiboji

Jedním z cílů práce bylo mimo jiné určit nejvíce přetížené segmenty u moderních pětibojařů jak teoreticky, z kineziologické analýzy jednotlivých disciplín, tak prakticky, pomocí prospektivní dotazníkové studie. Moderní pětiboj v sobě kloubí nejen výhody v podobě všestranných dovedností, ale také kumulaci zátěže a s ní související zdravotní rizika. Procentuálně nejvíce přetěžovanými segmenty jsou rameno (14,7 %), kotník (14,7 %), koleno (11,8 %) a bérce (11,8 %). Míry incidence zranění vedoucích k omezení či modifikaci tréninku jsou u těchto konkrétních segmentů: 0,6 pro rameno, resp. 0,4 pro koleno, bérce a kotník na 1000 h vystavení specifické sportovní zátěži. Kvantitativně převažovala zranění dolních končetin (58,8 %) nad zraněními horních končetin (17,6 %), trupu (14,7 %) a hlavy a krku (2,9 %). To potvrzuje hypotézu H1.

Tématem nejvíce přetížených oblastí v moderním pětiboji se zabýval ještě tým odborníků ze (Skadefri 2021), který uvádí, že zranění z přetížení moderních pětibojařů se týkají především ramen, zad, třísel a kolen. Z akutních zranění potom uvádí jako častá zranění distorzi kotníku z nerovného povrchu při běhu, a dále úrazy ramene či hlavy v důsledku pádu z koně.

Současné využití preventivních strategií moderními pětibojaři

Sekundárním cílem této práce bylo zjistit využití již existujících preventivních strategií moderními pětibojaři a jejich vliv na incidenci zranění v prospektivní studii trvající 10 týdnů. Jako nejvíce využívaná strategie dominoval strečink (72 % - potvrzení hypotézy H3), avšak nebyl zjištěn statisticky signifikantní vliv na počet zranění u sportovců využívajících tuto preventivní strategii, ani na omezení sportovce v tréninku.

Dalšími často využívanými preventivními strategiemi jsou: silový trénink (55,8 %), masáže (55,8 %) a kvalitní rozcvičení a „cool-down“ fáze tréninku (55,8 %).

Ani ne polovina (44,2 %) z tohoto vzorku moderních pětibojařů využívá fyzioterapii k prevenci zranění. Individuální preventivní program má pouze 9,3 % probandů.

Ani u žádné z těchto preventivních strategií nebyl zjištěn signifikantní vliv na incidenci zranění u moderních pětibojařů (hypotéza H4 nepotvrzena), což podporuje naši teorii o tom, že je potřeba cílený sport-specifický preventivní program. Ovšem je nutno vzít v úvahu možné interakce mezi preventivními strategiemi a také velmi malý vzorek populace.

Korelace doby trvání a typu rozcvičení

Byla zjištěna statisticky signifikantní negativní korelace mezi průměrnou celkovou dobou rozcvičování (minuty) před všemi 5 disciplínami ($M = 52.5$, $SD = 21.7$) a průměrnou týdenní incidencí nových úrazů ($M = 0.282$, $SD = 0.37$). Pětibojaři s kratší dobou rozcvičení udávají častější výskyt poranění. Tento výsledek zdůrazňuje význam rozcvičení před každou disciplínou.

5.1. Silné stránky a limitace práce

Silnou stránkou této práce je její prospektivní charakter, který dle Jungeho a Dvoraka (2000) vede k menším ztrátám dat oproti retrospektivním studiím. Prospektivní studie mají také nižší riziko bias. Limitací práce je celkově malý počet probandů a také nízká návratnost rozesílaných dotazníků, což znemožnilo rozsáhlejší statistickou analýzu. Další limitací práce je krátká doba pozorování, která nemusí vypovídat o jiných částech závodní sezóny sportovců.

5.2. Možnosti návaznosti na tuto práci

Další vědecké práce mohou navázat na poznatky z této práce vytvořením a ověřením diagnostického protokolu zaměřeného na rizikové faktory jednotlivých disciplín či vývojem sport-specifického preventivního programu, který bude maximálně časově efektivní, aby bylo možné ho implementovat do časově velmi náročného tréninkového programu moderních pětibojařů.

ZÁVĚRY

Každá disciplína moderního pětiboje s sebou nese repetitivní zátěž určitých segmentů, v důsledku které se mohou vyvinout zranění typická pro daný sport. Moderní pětiboj je specifický tím, že disciplíny se navzájem kompenzují, ovšem v některých segmentech dochází ke kumulaci zátěže. Výsledky naší studie ukázaly, že nejvíce přetíženými segmenty u moderních pětibojařů jsou rameno (14,7 %), kotník (14,7 %), koleno (11,8 %) a bérce (11,8 %). Celkově tedy převažují zranění dolních končetin (58,8 %) nad zraněními horních končetin, trupu, hlavy a krku. V této studii se nepodařilo vyčlenit jednu ze současně užívaných preventivních strategií jako významně efektivní pro prevenci zranění. Potvrdil se význam rozcvičení před tréninkem. Jedinci rozcvičující se průměrně déle měli během 10týdenní monitorace nižší incidenci zranění.

SOUHRN

Tato práce obsahuje rozsáhlý teoretický úvod do problematiky moderního pětiboje. Cílem teoretické části bylo seznámit čtenáře s kineziologií jednotlivých disciplín moderního pětiboje, neboť právě poznatky z kineziologie lze využít v diagnostice, terapii, a především prevenci poruch pohybového aparátu. Dále s incidencí zranění v jednotlivých disciplínách, mechanismy vzniku zranění, rizikovými faktory a preventivními programy, které nabízí dostupná literatura.

Praktická část si stanovila za cíl analyzovat současnou epidemiologickou situaci zranění v moderním pětiboji a také současné preventivní strategie sportovců včetně vyhodnocení jejich vlivu na incidenci zranění.

SUMMARY

This work contains an extensive theoretical introduction to the issues of the modern pentathlon. The aim of the theoretical part was to acquaint the reader with the kinesiology of individual disciplines of modern pentathlon because the knowledge of kinesiology can be used in diagnosis, therapy, and especially the prevention of musculoskeletal disorders. Furthermore, with the incidence of injuries in individual disciplines, mechanisms of injury, risk factors, and prevention programs offered by the available literature.

The practical part aims to analyze the current epidemiological situation of injuries in modern pentathlon and the current preventive strategies of athletes, including the evaluation of their impact on the incidence of injuries.

Referenční seznam

ALEKSEYEV, Kirill, Yura STOLY, Richard CHANG, Malcolm LAKDAWALA, Tina BIJLANI and Adrian CRISTIAN, 2016. Identification of the most frequent injuries in a variety of fencing competitors: A cross sectional study of fencing clubs in the Northeast tri-state region. *Physical Medicine and Rehabilitation Research* [online]. **1**(3). ISSN 23983353. Available at: doi:10.15761/PMRR.1000115

ALLEGRUCCI, Marnie, Sue L. WHITNEY, Scott M. LEPHART, James J. IRRGANG and Freddie H. FU, 1995. Shoulder Kinesthesia in Healthy Unilateral Athletes Participating in Upper Extremity Sports. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. **21**(4). ISSN 0190-6011. Available at: doi:10.2519/jospt.1995.21.4.220

ANDERSON, O., 2018. *Running form*. First Edition. B.m.: Human Kinetics.

ARMSTRONG, Neil and Willem van MECHELEN, 2017. *Oxford Textbook of Children's Sport and Exercise Medicine*. 3rd edition. B.m.: Oxford University Press.

BAHR, R, 2005. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **39**(6). ISSN 0306-3674. Available at: doi:10.1136/bjism.2005.018341

BALL, Chad G., Jill E. BALL, Andrew W. KIRKPATRICK and Robert H. MULLOY, 2007. Equestrian injuries: incidence, injury patterns, and risk factors for 10 years of major traumatic injuries. *The American Journal of Surgery* [online]. **193**(5). ISSN 00029610. Available at: doi:10.1016/j.amjsurg.2007.01.016

BARTON, Christian J, Simon LACK, Peter MALLIARAS and Dylan MORRISSEY, 2013. Gluteal muscle activity and patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **47**(4). ISSN 0306-3674. Available at: doi:10.1136/bjsports-2012-090953

BERNACIKOVÁ, Martina, Miriam KALICHOVÁ and Lenka BERÁNKOVÁ, 2010. *Základy sportovní kineziologie*. B.m.: Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity.

BLANCH, Peter, 1999. Musculoskeletal Screening for Swimmers. In: *Australian Swimming Coaches and Teachers Association annual convention*. B.m.: Australian Institute of Sport.

BRYCH, Jan, 2008. *Sportovní střelba*. Praha: Nakladatelství Karolinum.

CAINE, Dennis J., HARMER PETER A. and SCHIFF MELISSA A., 2009. *Epidemiology of Injury in Olympic Sports* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell. ISBN 9781444316872. Available at: doi:10.1002/9781444316872

CARVA, Radek, 2014. *Příprava jezdce na koni od výkonnostního stupně Z do S v drezuře*. B.m. b.n.

CLARSEN, Benjamin, Grethe MYKLEBUST and Roald BAHR, 2013. Development and validation of a new method for the registration of overuse injuries in sports injury epidemiology: the Oslo Sports Trauma Research Centre (OSTRC) Overuse Injury Questionnaire. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **47**(8). ISSN 0306-3674. Available at: doi:10.1136/bjsports-2012-091524

CLARSEN, Benjamin, Ola RØNSEN, Grethe MYKLEBUST, Tonje Wåle FLØRENES and Roald BAHR, 2014. The Oslo Sports Trauma Research Center questionnaire on health problems: a new approach to prospective monitoring of illness and injury in elite athletes. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **48**(9). ISSN 0306-3674. Available at: doi:10.1136/bjsports-2012-092087

CLERMONT, C, A BLACK, SA RICHMOND, I PIKE and S BABUL, 2018. Evidence Summary: Running. *Active & Safe Central*.

ČSMP, 2021. *Disciplíny a pravidla* [online] [accessed. 2021-05-15]. Available at: <https://pentathlon.cz/cs/Discipliny-a-pravidla-17.htm>

DOWLING, Geoffrey J, George S MURLEY, Shannon E MUNTEANU, Melinda M Franettovich SMITH, Bradley S NEAL, Ian B GRIFFITHS, Christian J BARTON and Natalie J COLLINS, 2014. Dynamic foot function as a risk factor for lower limb overuse injury: a systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research* [online]. **7**(1). ISSN 1757-1146. Available at: doi:10.1186/s13047-014-0053-6

DUTTON, Rebecca A., Michael J. KHADAVI and Michael FREDERICSON, 2016. Patellofemoral Pain. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* [online]. **27**(1). ISSN 10479651. Available at: doi:10.1016/j.pmr.2015.08.002

DYLEVSKÝ I. A KOL., 1997. *Pohybový systém a zátěž*. B.m.: Grada.

DYLEVSKÝ, Ivan, 2007. *Základy funkční anatomie člověka*. 1. vyd. Praha: Manus.

FERBER, Reed, Alan HRELJAC and Karen D KENDALL, 2009. Suspected Mechanisms in the Cause of Overuse Running Injuries: A Clinical Review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* [online]. **1**(3). ISSN 1941-7381. Available at: doi:10.1177/1941738109334272

FERBER, Reed, Brian NOEHREN, Joseph HAMILL and Irene DAVIS, 2010. Competitive Female Runners With a History of Iliotibial Band Syndrome Demonstrate Atypical Hip and Knee Kinematics. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. **40**(2). ISSN 0190-6011. Available at: doi:10.2519/jospt.2010.3028

FINCH, Caroline, 2006. A new framework for research leading to sports injury prevention. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. **9**(1–2). ISSN 14402440. Available at: doi:10.1016/j.jsams.2006.02.009

FRANKLYN, Melanie, 2015. Aetiology and mechanisms of injury in medial tibial stress syndrome: Current and future developments. *World Journal of Orthopedics* [online]. **6**(8). ISSN 2218-5836. Available at: doi:10.5312/wjo.v6.i8.577

GIJON-NOGUERON, Gabriel and Marina FERNANDEZ-VILLAREJO, 2015. Risk Factors and Protective Factors for Lower-Extremity Running Injuries. *Journal of the American Podiatric Medical Association* [online]. **105**(6). ISSN 8750-7315. Available at: doi:10.7547/14-069.1

GILES, K., 2011. *Assessment Manual 2011*. 2011.

HAMSTRA-WRIGHT, Karrie L, Kellie C Huxel BLIVEN and Curt BAY, 2015. Risk factors for medial tibial stress syndrome in physically active individuals such as runners and military personnel: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **49**(6). ISSN 0306-3674. Available at: doi:10.1136/bjsports-2014-093462

HARMER, Peter A., 2008. Getting to the Point. *Current Sports Medicine Reports* [online]. **7**(5). ISSN 1537-890X. Available at: doi:10.1249/JSR.0b013e318187083b

HARMER, Peter A, 2019. Epidemiology of time-loss injuries in international fencing: a prospective, 5-year analysis of Fédération Internationale d'Esgrime

competitions. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **53**(7). ISSN 0306-3674. Available at: doi:10.1136/bjsports-2018-100002

HASEGAWA, Hiroshi, Takeshi YAMAUCHI and William J. KRAEMER, 2007. Foot Strike Patterns of Runners at the 15-km Point During an Elite-Level Half Marathon. *The Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **21**(3). ISSN 1064-8011. Available at: doi:10.1519/R-22096.1

HAVLIK, Heather S., 2010. Equestrian Sport-Related Injuries. *Current Sports Medicine Reports* [online]. **9**(5). ISSN 1537-890X. Available at: doi:10.1249/JSR.0b013e3181f32056

HAWKINS, D. and J. METHENY, 2001. Overuse injuries in youth sports: biomechanical considerations. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. **33**(10). ISSN 0195-9131. Available at: doi:10.1097/00005768-200110000-00014

HICKEY, Darren, Veronica SOLVIG, Vinicius CAVALHERI, Meg HARROLD and Leanda MCKENNA, 2018. Scapular dyskinesis increases the risk of future shoulder pain by 43% in asymptomatic athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **52**(2). ISSN 0306-3674. Available at: doi:10.1136/bjsports-2017-097559

HOGAN, Campbell, Jo-Anne CORBETT, Simon ASHTON, Luke PERRATON, Rachel FRAME and Jodie DAKIC, 2020. Scapular Dyskinesis Is Not an Isolated Risk Factor for Shoulder Injury in Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. ISSN 0363-5465. Available at: doi:10.1177/0363546520968508

HORNEBER, Ralf, 1993. *Olympic Target Rifle Shooting: Technique Tactics Training*. B.m.: Self-Published.

HYNOUŠ, Jan and Vladimír BOK, 1980. *Některá speciální cvičení pro sportovní střelce*. B.m.: ÚV svazu pro spolupráci s armádou.

IMPELLIZZERI, FRANCO M., ERMANNINO RAMPININI, NICOLA MAFFIULETTI and SAMUELE M. MARCORA, 2007. A Vertical Jump Force Test for Assessing Bilateral Strength Asymmetry in Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. **39**(11). ISSN 0195-9131. Available at: doi:10.1249/mss.0b013e31814fb55c

JAKOBSEN, B. W., K. KRÓNER, S. A. SCHMIDT and A. KJELDSEN, 1994. Prevention of injuries in long-distance runners. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. **2**(4). ISSN 0942-2056. Available at: doi:10.1007/BF01845597

JOHNSON, James N., Jason GAUVIN and Michael FREDERICSON, 2003. Swimming Biomechanics and Injury Prevention. *The Physician and Sportsmedicine* [online]. **31**(1). ISSN 0091-3847. Available at: doi:10.3810/psm.2003.01.165

JUNGE, Astrid and Jiri DVORAK, 2000. Influence of Definition and Data Collection on the Incidence of Injuries in Football. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. **28**(5_suppl). ISSN 0363-5465. Available at: doi:10.1177/28.suppl_5.s-40

JURJEV, A.A., 1966. *Sportovní střelba z pušky a pistole*. B.m.: Naše vojsko.

KABAK, Banu, Muharrem KARANFILCI, Taner ERSOZ and Mehmet KABAK, 2015. Analysis of sports injuries related with shooting. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. **56**(6).

KANEOKA, Koji, Ken SHIMIZU, Mika HANGAI, Toru OKUWAKI, Naotaka MAMIZUKA, Masataka SAKANE and Naoyuki OCHIAI, 2007. Lumbar Intervertebral Disk Degeneration in Elite Competitive Swimmers. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. **35**(8). ISSN 0363-5465. Available at: doi:10.1177/0363546507300259

KELM, J., F. AHLHELM, W. PITSCH, U. KIRN-JÜNEMANN, C. ENGEL, D. KOHN and T. REGITZ, 2003. Sports Injuries, Sports Damages and Diseases of World Class Athletes Practicing Modern Pentathlon. *Sportverletzung · Sportschaden* [online]. **17**(1). ISSN 0932-0555. Available at: doi:10.1055/s-2003-38591

KELSEY, JENNIFER L., LAURA K. BACHRACH, ELIZABETH PROCTER-GRAY, JERI NIEVES, GAIL A. GREENDALE, MARYFRAN SOWERS, BYRON W. BROWN, KIM A. MATHESON, SYBIL L. CRAWFORD and KRISTIN L. COBB, 2007. Risk Factors for Stress Fracture among Young Female Cross-Country Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. **39**(9). ISSN 0195-9131. Available at: doi:10.1249/mss.0b013e318074e54b

KROLIKOWSKI, M, A BLACK, SA RICHMOND, I PIKE and S BABUL, 2018. *Evidence Summary: Horseback Riding*. 2018. Vancouver: BC Injury Research and Prevention Unit.

LECHLER, P., L. WALT, J. GRIFKA, V. WALTL and T. RENKAWITZ, 2011. Traumatology and sport injuries in professional and amateur show-jumping competitors. *Sportverletzung-Sportschaden* [online]. **25**(4). ISSN 1439-1236. Available at: doi:10.1055/s-0031-1273483

LENHART, RACHEL L., DARRYL G. THELEN, CHRISTA M. WILLE, ELIZABETH S. CHUMANOV and BRYAN C. HEIDERSCHEIT, 2014. Increasing Running Step Rate Reduces Patellofemoral Joint Forces. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. **46**(3). ISSN 0195-9131. Available at: doi:10.1249/MSS.0b013e3182a78c3a

LOPES, Alexandre Dias, Luiz Carlos HESPANHOL, Simon S. YEUNG and Leonardo Oliveira Pena COSTA, 2012. What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries? *Sports Medicine* [online]. **42**(10). ISSN 0112-1642. Available at: doi:10.1007/BF03262301

LOUDON, Janice K., 2016. BIOMECHANICS AND PATHOMECHANICS OF THE PATELLOFEMORAL JOINT. *Int J Sports Phys Ther.* . **11**(6), 820–830.

LYSENS, Roeland J., Michel S. OSTYN, Yves vanden AUWEELE, Johan LEFEVRE, Magda VUYLSTEKE and Luc RENSON, 1989. The accident-prone and overuse-prone profiles of the young athlete. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. **17**(5). ISSN 0363-5465. Available at: doi:10.1177/036354658901700504

MÁČEK, Miloš and Jiří RADVANSKÝ, 2011. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. B.m.: Galén.

MALISOUX, L., J. RAMESH, R. MANN, R. SEIL, A. URHAUSEN and D. THEISEN, 2015. Can parallel use of different running shoes decrease running-related injury risk? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. **25**(1). ISSN 09057188. Available at: doi:10.1111/sms.12154

MCCRORY, Paul and Michael TURNER, 2005. Equestrian Injuries. In: *Epidemiology of Pediatric Sports Injuries* [online]. Basel: KARGER. Available at: doi:10.1159/000084280

MCLEOD, Ian and Pavla (překlad) POKORNÁ, 2014. *Plavání - anatomie*. 1. vydání. Brno: CPress.

MEADORS L., 2012. *Practical Application for Long-Term Athletic Development*.

MEREDITH, Lauren, Robert EKMAN and Robert THOMSON, 2018. Horse-related incidents and factors for predicting injuries to the head. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* [online]. 4(1). ISSN 2055-7647. Available at: doi:10.1136/bmjsem-2018-000398

MESSIER, Stephen P., David F. MARTIN, Shannon L. MIHALKO, Edward IP, Paul DEVITA, D. Wayne CANNON, Monica LOVE, Danielle BERINGER, Santiago SALDANA, Rebecca E. FELLIN and Joseph F. SEAY, 2018. A 2-Year Prospective Cohort Study of Overuse Running Injuries: The Runners and Injury Longitudinal Study (TRAILS). *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 46(9). ISSN 0363-5465. Available at: doi:10.1177/0363546518773755

MOSELEY, J. Bruce, Frank W. JOBE, Marilyn PINK, Jacquelin PERRY and James TIBONE, 1992. EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. 20(2). ISSN 0363-5465. Available at: doi:10.1177/036354659202000206

MULLEN, G. John, 2018. *Swimming Science: Optimizing Training and Performance*. First edition. Chicago: University of Chicago Press.

MURGU, Andreia-Ileana, 2006. Fencing. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* [online]. 17(3). ISSN 10479651. Available at: doi:10.1016/j.pmr.2006.05.008

NA, 2021a. *Swimming biomechanics* [online]. 2021. [accessed. 2021-05-16]. Available at: https://image.mux.com/sUqEkhR26gFSxUEtv029mKvg9nPnei7mU/thumbnail.jpg?width=960&height=540&fit_mode=pad

NA, 2021b. *Swimming biomechanics* [online]. 2021. [accessed. 2021-05-16]. Available at: http://2.bp.blogspot.com/-ree3wISl_ms/UicIs1HTE1I/AAAAAAAAABA0/2eYx8YJb4/s1600/wristfirst.jpg

NA, 2021c. *Swimming Biomechanics* [online]. 2021. [accessed. 2021-05-16]. Available at: https://i2.wp.com/myswimpro.com/blog/wp-content/uploads/2019/06/myswimpro_how-to-swim-freestyle_freestyle-technique_EVF_1.png?resize=800%2C447&ssl=1

NEAL, Bradley S., Christian J. BARTON, Rosa GALLIE, Patrick O'HALLORAN and Dylan MORRISSEY, 2016. Runners with patellofemoral pain have altered biomechanics which targeted interventions can modify: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture* [online]. **45**. ISSN 09666362. Available at: doi:10.1016/j.gaitpost.2015.11.018

NEUMANN, D. A., 2013. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Rehabilitation*. 2nd ed. Milwaukee, WI: Elsevier Health Sciences.

NYLAND, J. A., D. N. M. CABORN and Darren L. JOHNSON, 1998. The human glenohumeral joint. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. **6**(1). ISSN 0942-2056. Available at: doi:10.1007/s001670050072

NYSKA, M., CONSTANTINI, CALÉ-BENZOOR, BACK, KAHN and MANN, 2000. Spondylolysis as a Cause of Low Back Pain in Swimmers. *International Journal of Sports Medicine* [online]. **21**(5). ISSN 01724622. Available at: doi:10.1055/s-2000-3780

OFFORD, D. R and H. C. KRAEMER, 2000. Risk factors and prevention. *Evidence-Based Mental Health* [online]. **3**(3). ISSN 1362-0347. Available at: doi:10.1136/ebmh.3.3.70

PARK, Sang-Kyoon and Darren J. STEFANYSHYN, 2011. Greater Q angle may not be a risk factor of Patellofemoral Pain Syndrome. *Clinical Biomechanics* [online]. **26**(4). ISSN 02680033. Available at: doi:10.1016/j.clinbiomech.2010.11.015

PHILLIPS, L. H., 2000. Sports injury incidence. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **34**(2). ISSN 03063674. Available at: doi:10.1136/bjism.34.2.133

PHYSIOPEDIA, 2021. *Running Biomechanics*.

PINK, Marilyn M. and James E. TIBONE, 2000. THE PAINFUL SHOULDER IN THE SWIMMING ATHLETE. *Orthopedic Clinics of North America* [online]. **31**(2). ISSN 00305898. Available at: doi:10.1016/S0030-5898(05)70145-0

PINTEREST, 2021. Fencing fleche [online]. [accessed. 2021-05-15]. Available at: <https://i.pinimg.com/originals/9b/51/a1/9b51a1a160567e7fd73d7ff3bbda25c.jpg>

POWERS, Christopher M., 2003. The Influence of Altered Lower-Extremity Kinematics on Patellofemoral Joint Dysfunction: A Theoretical Perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. **33**(11). ISSN 0190-6011. Available at: doi:10.2519/jospt.2003.33.11.639

PUGH, Theresa J. and Delmas BOLIN, 2004. Overuse injuries in equestrian athletes. *Current Sports Medicine Reports* [online]. **3**(6). ISSN 1537-890X. Available at: doi:10.1007/s11932-996-0003-6

RAUH, Mitchell J., 2014. Summer Training Factors and Risk of Musculoskeletal Injury Among High School Cross-country Runners. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. **44**(10). ISSN 0190-6011. Available at: doi:10.2519/jospt.2014.5378

RAUH, Mitchell J., Thomas D. KOEPESELL, Frederick P. RIVARA, Anthony J. MARGHERITA and Stephen G. RICE, 2006. Epidemiology of Musculoskeletal Injuries among High School Cross-Country Runners. *American Journal of Epidemiology* [online]. **163**(2). ISSN 1476-6256. Available at: doi:10.1093/aje/kwj022

RAUH, Mitchell J., Thomas D. KOEPESELL, Frederick P. RIVARA, Stephen G. RICE and Anthony J. MARGHERITA, 2007. Quadriceps Angle and Risk of Injury Among High School Cross-Country Runners. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. **37**(12). ISSN 0190-6011. Available at: doi:10.2519/jospt.2007.2453

ROI, Giulio S. and Diana BIANCHEDI, 2008. *The science of fencing: Implications for performance and injury prevention* [online]. 2008. ISSN 01121642. Available at: doi:10.2165/00007256-200838060-00003

RUPP, S., K. BERNINGER and T. HOPF, 1995. Shoulder Problems in High Level Swimmers - Impingement, Anterior Instability, Muscular Imbalance? *International Journal of Sports Medicine* [online]. **16**(08). ISSN 0172-4622. Available at: doi:10.1055/s-2007-973054

RYAN, M., M. ELASHI, J. TAUNTON and M. KOEHL, 2014. Is gender a risk factor for injury in runners? The first of a three part series to develop a gender targeted

injury prevention strategy. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. **18**. ISSN 14402440. Available at: doi:10.1016/j.jsams.2014.11.308

SCOVAZZO, Mary Lynn, Anthony BROWNE, Marilyn PINK, Frank W. JOBE and John KERRIGAN, 1991. The painful shoulder during freestyle swimming. *The American Journal of Sports Medicine* [online]. **19**(6). ISSN 0363-5465. Available at: doi:10.1177/036354659101900604

SCHMITZ I., 1985. Sportschäden und Sportverletzungen bei Modernen Fünfkämpfern. *Dissertation. Rheinische Friedrich—Wilhelm Universität, Bonn*.

SKADEFRI, 2021. *fittoplay.org* [online] [accessed. 2021-05-16]. Available at: <https://fittoplay.org/sports/equestrian/equestrian/>

TENFORDE, Adam S., Lauren C. SAYRES, Mary L. MCCURDY, Hervé COLLADO, Kristin L. SAINANI and Michael FREDERICSON, 2011. Overuse Injuries in High School Runners: Lifetime Prevalence and Prevention Strategies. *PM&R* [online]. **3**(2). ISSN 19341482. Available at: doi:10.1016/j.pmrj.2010.09.009

THEISEN, D, L MALISOUX, R SEIL and A URHAUSEN, 2014. Injuries in Youth Sports: Epidemiology, Risk Factors and Prevention. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* [online]. **2014**(09). ISSN 03445925. Available at: doi:10.5960/dzsm.2014.137

THOMPSON, Kamali, Gregory CHANG, Michael ALAIA, Laith JAZRAWI and Guillem GONZALEZ-LOMAS, 2021. Lower extremity injuries in U.S. national fencing team members and U.S. fencing Olympians. *The Physician and Sportsmedicine* [online]. ISSN 0091-3847. Available at: doi:10.1080/00913847.2021.1895693

TOVIN, Brian J., 2006. Prevention and Treatment of Swimmer's Shoulder. *N Am J Sports Phys Ther.* **1**(4), 166–175.

TURNER, Anthony, Nic JAMES, Lygeri DIMITRIOU, Andy GREENHALGH, Jeremy MOODY, David FULCHER, Eduard MIAS and Liam KILDUFF, 2014. Determinants of Olympic Fencing Performance and Implications for Strength and Conditioning Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **28**(10). ISSN 1064-8011. Available at: doi:10.1519/JSC.0000000000000478

TURNER, Anthony, Stuart MILLER, Perry STEWART, Jon CREE, Rhys INGRAM, Lygeri DIMITRIOU, Jeremy MOODY and Liam KILDUFF, 2013. Strength and Conditioning for Fencing. *Strength & Conditioning Journal* [online]. **35**(1). ISSN 1524-1602. Available at: doi:10.1519/SSC.0b013e31826e7283

UIPM, 2021. *UIPM* [online] [accessed. 2021-05-15]. Available at: <https://www.uipmworld.org/>

VAN DER WORP, Maarten P., Dominique S. M. TEN HAAF, Robert VAN CINGEL, Anton DE WIJER, Maria W. G. NIJHUIS-VAN DER SANDEN and J. Bart STAAL, 2015. Injuries in Runners; A Systematic Review on Risk Factors and Sex Differences. *PLOS ONE* [online]. **10**(2). ISSN 1932-6203. Available at: doi:10.1371/journal.pone.0114937

VAN GENT, R N, D SIEM, M VAN MIDDELKOOP, A G VAN OS, S M A BIERMA-ZEINSTRÁ, B W KOES and J. E TAUNTON, 2007. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review * COMMENTARY. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **41**(8). ISSN 0306-3674. Available at: doi:10.1136/bjism.2006.033548

VAN MECHELEN, Willem, Hynek HLOBIL and Han C.G. KEMPER, 1992. Incidence, Severity, Aetiology and Prevention of Sports Injuries. *Sports Medicine* [online]. **14**(2). ISSN 0112-1642. Available at: doi:10.2165/00007256-199214020-00002

VOZÁKOVÁ, Jana, 2008. *Vliv jízdy na koni a parkurového skákání na bolesti zad*. B.m. b.n.

WALKER, Helen, Belinda GABBE, Henry WAJSWELNER, Peter BLANCH and Kim BENNELL, 2012. Shoulder pain in swimmers: A 12-month prospective cohort study of incidence and risk factors. *Physical Therapy in Sport* [online]. **13**(4). ISSN 1466853X. Available at: doi:10.1016/j.ptsp.2012.01.001

WANIVENHAUS, Florian, Alice J. S. FOX, Salma CHAUDHURY and Scott A. RODEO, 2012. Epidemiology of Injuries and Prevention Strategies in Competitive Swimmers. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* [online]. **4**(3). ISSN 1941-7381. Available at: doi:10.1177/1941738112442132

WIKIPEDIA, 2021. *Fencing lunge* [online]. 2021. [accessed. 2021-05-15]. Available at: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/76/Romania_v_France_EFS_2013_Fencing_WCH_t163933.jpg/220px-Romania_v_France_EFS_2013_Fencing_WCH_t163933.jpg

WILK, Kevin E. and Christopher ARRIGO, 1993. Current Concepts in the Rehabilitation of the Athletic Shoulder. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. **18**(1). ISSN 0190-6011. Available at: doi:10.2519/jospt.1993.18.1.365

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Komplexní model prevence sportovních zranění (Bahr 2005).....	12
Obrázek 2 Příklad časového rozpisu závodu v moderním pětiboji (ČSMP 2021)	16
Obrázek 3 Šermíř při výpadu (vlevo) (Wikipedia 2021)	18
Obrázek 4 Šermíř při útoku zvaném fleche (vlevo) (Pinterest 2021)	18
Obrázek 5 Hydrodynamická poloha plavce (Mullen 2018).....	24
Obrázek 6 Porovnání korektní techniky zavedení ruky vs. zavedení příliš "naplocho" (NA 2021a)	26
Obrázek 7 Optimální nastavení paže po vstupu do vody (NA 2021b)	27
Obrázek 8 Přenosová fáze záběru (NA 2021c).....	27
Obrázek 9 Pozice moderního pětibojaře při střelbě (UIPM 2021)	37
Obrázek 10 Schéma průběhu nervových procesů při výstřelu (Jurjev 1966)	38
Obrázek 11 Schéma EMG aktivity jednotlivých svalů zúčastněných na běžecím pohybu (Neumann 2013)	40
Obrázek 12 Porovnání běžkyně došlapující na patu a extendovanou dolní končetinu s keňskou běžkyní s optimální biomechanikou došlapu (Anderson 2018)....	43
Obrázek 13 Přehled zúčastněných zemí.....	54
Obrázek 14 Grafické znázornění poměru incidence zranění v jednotlivých disciplínách	58
Obrázek 15 Analýza probanda č.13	59
Obrázek 16 Vztah mezi celkovým počtem minut rozcvičování před všemi 5 disciplínami (minuty) a průměrným počtem úrazů za týden. Každý bod představuje data individuálního jedince (N = 22).....	62

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Demografické informace o probandech.....	53
Tabulka 2 Přehledová tabulka jednotlivých účastníků studie a jejich data z 10týdenní prospektivní studie. Jsou vybráni pouze probandi, kteří se zapojili do 10týdenního dotazníku (n=27).....	55
Tabulka 3 Distribuce zranění	57
Tabulka 4 Přehled využití preventivních strategií moderními pětibojaři	60
Tabulka 5 Analýza doby trvání rozcvičení před jednotlivými disciplínami.....	61
Tabulka 6 Analýza doby trvání "cool-down" fáze po jednotlivých disciplínách	63

SEZNAM PŘÍLOH

1. Vstupní dotazník
2. 10týdenní dotazník

PŘÍLOHY

1. Vstupní dotazník

Qualtrics Survey Software

Welcome page and informed consent

Welcome to the research study!

We are interested in analyzing common injuries and most loaded body parts in modern pentathlon. It may help to predict and prevent future injury occurrence and offers a possibility to adjust or create a new, more sport-specific preventing program which will make you, modern pentathletes, as injury-free as possible and may even help to lengthen your time in competitive participation. 😊🏆

In the first part (**entry questionnaire**), you will be asked to answer some basic demographic questions, questions about your training volume and experience, about your dominant hand, and your training habits. This questionnaire is supposed to be filled in only **once**. It takes about **3-5 minutes** to complete.

The main part of this research is the **weekly questionnaire** on injuries, pain, or discomfort you have experienced during the past week. You will receive an email with a link every Sunday and you are supposed to answer all questions truthfully. If no answer comes, you will receive one reminder email in 3 days. This part takes about **2-4 minutes every Sunday** for 12 weeks.

All your responses will be kept completely confidential and overall results will be published anonymously.

The author of this study can be contacted anytime at pentathlon.survey@gmail.com.

Qualtrics Survey Software

By clicking the button below, you acknowledge:

You are a modern pentathlete of age between 15 and 35 years.

You practice all five disciplines of the modern pentathlon.

Your participation in this research is voluntary.

You are aware that you may choose to terminate your participation at any time for any reason.

- I consent, begin the study
- I do not consent, I do not wish to participate

Email address

Please enter your email address, which we can use for sending you the weekly questionnaire.

Demographics

What is your age? (move the slider to select the value)

Qualtrics Survey Software

What is your gender?

- Male
- Female

From which country are you?

Training load and experience

Average training load per week

- less than 5 hours
- 5-10 hours
- 10-15 hours
- 15-20 hours
- 20-25 hours
- 25-30 hours
- more than 30 hours

Qualtrics Survey Software

How many years are you doing modern pentathlon? (move the slider to select the value)

Level

- Professional athlete, member of the national team
- Supported athlete, not member of the national team
- Unsupported athlete

Few questions about yourself

Fencing guard

- Right
- Left

Shooting arm

- Right
- Left

History of injuries

Choose your **3 most injured/ overloaded locations**

- Head/face
- Neck
- Shoulder (including clavicle)
- Upper arm
- Elbow
- Forearm
- Wrist
- Hand/fingers
- Chest/ribs
- Abdomen
- Thoracic spine
- Lumbar spine
- Pelvis and buttock
- Hip and groin
- Thigh
- Knee
- Lower leg
- Ankle
- Foot/toes
- Other

Qualtrics Survey Software

Training habits

Warm-up before training sessions

	Average time (minutes)						Type of warm-up (you can choose more options). If no warm-				
	0	5	10	15	20	> 20	Static stretching	Dynamic stretching	Sport-specific preactivation exercises	Core and stability exercises	Strength exercises
Swimming	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fencing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Riding	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Shooting	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Running	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Cool-down after training sessions

Average time (minutes)	Type of cool-down (you can choose more options). If no cool-down discipline, select option "none".
------------------------	--

Qualtrics Survey Software

	0	5	10	15	20	> 20	Static stretching	Strength Exercises	Core and stability exercises	Massage, foam rolling, theragun	Light aerobic activity
Swimming	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fencing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Riding	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Shooting	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Running	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Injury prevention strategies (you can choose more options). If you don't use any injury prevention strategy, select option "none".

- Strength training
- Stretching
- Core training
- Proprioception training
- Balance training
- Massage
- Individual prevention program
- Physiotherapy
- Proper warm-up and cool-down
- None

2. 10týdenní dotazník

Qualtrics Survey Software

Have you had any **difficulties participating in normal training and competition** due to injury, illness or other health problems during the past week?

- Full participation, without health problems
- Full participation, but with injury, illness or other health problems
- Reduced participation due to injury, illness or other health problems
- Cannot participate due to injury, illness or other health problems

To what extent have you reduced your **training volume** due to injury, illness or other health problems during the past week?

- No reduction
- To a minor extent
- To a moderate extent
- To a major extent
- Cannot participate at all

To what extent has injury, illness or other health problems affected your **performance** during the past week?

- No effect
- To a minor extent
- To a moderate extent

Qualtrics Survey Software

- To a major extent
 Cannot participate at all

Health problem type

Is the health problem referred to in the first three questions an injury, an illness or both?
(multiple answer possible)

(if you have multiple injuries, please complete a separate registration for each one)

- Injury (any pain or discomfort)
 Illness (symptoms like: fever, fatigue, sore throat, etc.)
 Other health problem

Injury registration

Injury area

Please select a box that best describes the location of your injury. If the injury involves several locations please select the main area. If you have multiple injuries please complete a separate registration of each one.

Diagnosis *(if known - optional question)*

Qualtrics Survey Software

Choose which **grade of pain severity** matches best to the referred problem

Severity	Description of Experience
10 Unable to Move	I am in bed and can't move due to my pain. I need someone to take me to the emergency room to get help for my pain.
9 Severe	My pain is all that I can think about. I can barely talk or move because of the pain.
8 Intense	My pain is so severe that it is hard to think of anything else. Talking and listening are difficult.
7 Unmanageable	I am in pain all the time. It keeps me from doing most activities.
6 Distressing	I think about my pain all of the time. I give up many activities because of my pain.
5 Distracting	I think about my pain most of the time. I cannot do some of the activities I need to do each day because of the pain.
4 Moderate	I am constantly aware of my pain but I can continue most activities.
3 Uncomfortable	My pain bothers me but I can ignore it most of the time.
2 Mild	I have a low level of pain. I am aware of my pain only when I pay attention to it.
1 Minimal	My pain is hardly noticeable.
0 No Pain	I have no pain.

Select the pain severity here ↗

Qualtrics Survey Software



Please state the number of days over the past 7-day period that you have had to **completely miss** training or competition due to this problem

0 1 2 3 4 5 6 7

Please state the number of days over the past 7-day period that you have had to **modify or reduce** your training volume due to this problem

0 1 2 3 4 5 6 7

In which **discipline** the referred problem occurred?

- Fencing
- Swimming

Qualtrics Survey Software

- Riding
- Shooting
- Running
- Other

Have you felt **discomfort** in this area for several days **preceding the injury**?

- Yes
- No

Is this the first time you have registered this problem through this monitoring system?

- Yes, this is the first time
- No, I have reported this problem in one of the previous four weeks
- No, I have reported the same problem previously, but it was more than four weeks ago

I have reported this problem to (multiple answer possible)

- Medical doctor
- Physiotherapist
- Other health specialist
- I have not reported this problem

Qualtrics Survey Software

Do you have any **other injuries** to register?

- Yes
- No

Injury registration 2

Injury area

Please select a box that best describes the location of your injury. If the injury involves several locations please select the main area. If you have multiple injuries please complete a separate registration of each one.

Diagnosis *(if known - optional question)*

Choose which **grade of pain severity** matches best to the referred problem

Qualtrics Survey Software

Severity	Description of Experience
10 Unable to Move	I am in bed and can't move due to my pain. I need someone to take me to the emergency room to get help for my pain.
9 Severe	My pain is all that I can think about. I can barely talk or move because of the pain.
8 Intense	My pain is so severe that it is hard to think of anything else. Talking and listening are difficult.
7 Unmanageable	I am in pain all the time. It keeps me from doing most activities.
6 Distressing	I think about my pain all of the time. I give up many activities because of my pain.
5 Distracting	I think about my pain most of the time. I cannot do some of the activities I need to do each day because of the pain.
4 Moderate	I am constantly aware of my pain but I can continue most activities.
3 Uncomfortable	My pain bothers me but I can ignore it most of the time.
2 Mild	I have a low level of pain. I am aware of my pain only when I pay attention to it.
1 Minimal	My pain is hardly noticeable.
0 No Pain	I have no pain.

Select the pain severity here ↷



Qualtrics Survey Software

Please state the number of days over the past 7-day period that you have had to **completely miss** training or competition due to this problem

0 1 2 3 4 5 6 7

Please state the number of days over the past 7-day period that you have had to **modify or reduce** your training volume due to this problem

0 1 2 3 4 5 6 7

In which **discipline** the referred problem occurred?

- Fencing
- Swimming
- Riding
- Shooting
- Running
- Other

Have you felt **discomfort** in this area for several days **preceding the injury**?

Qualtrics Survey Software

- Yes
- No

Is this the first time you have registered this problem through this monitoring system?

- Yes, this is the first time
- No, I have reported this problem in one of the previous four weeks
- No, I have reported the same problem previously, but it was more than four weeks ago

I have reported this problem to (multiple answer possible)

- Medical doctor
- Physiotherapist
- Other health specialist
- I have not reported this problem

Powered by Qualtrics
