

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Evaluácia a stanovenie noriem konvenčného pomeru
extenzorov a flexorov kolena u športujúcej mládeže.**

Autoreferát dizertačnej práce

Školiteľ:

Prof. Ing. František Zahálka, Ph.D.

Vypracovala:

Mgr. et Bc. Jana Ižovská

Konzultant:

PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.

Praha, jún 2019

ÚVOD

Zranenie je jednou z najviac obťažujúcich a frustrujúcich vecí, ktoré môže stretnúť športovca. Veľa mladých, nadaných a talentovaných hráčov je nútených predčasne ukončiť športovú kariéru kvôli zraneniu, čo môže byť pre hráča veľmi stresujúce a dokonca môže viesť aj k narušeniu identity osobnosti. Ak zistíme príčiny zranenia, môžeme rýchlejšie a efektívnejšie reagovať v liečbe a rehabilitácii, ako aj v prevencii zranenia. Prevencia poranenia nie je jednoduchý postup. Jedná sa o súbor opatrení, ktoré sa snažia chrániť zdravie športovcov, čo je dnes veľmi ťažké a to najmä v profesionálnom športe. Majorita futbalových poranení sa týka dolných končatín, čo nie je udivujúce, pretože futbal charakterizuje vysoká intenzita a ustavičné zmeny smeru pri veľkých zaťaženiach. Väčšina futbalových pohybov (napr. kopy, vertikálne skoky, rýchle zmeny smeru) môžu byť modifikované silovými asymetriami dolných končatín, ktoré môžu byť tiež špecifické pre pozíciu hráča. Pre predpovedanie športovej výkonnosti, kontrolu pohybového rozvoja, trénovanosti a výberu mládeže do futbalových oddielov ako aj do reprezentácie sú dôležité diagnostické prostriedky. Základným ukazovateľom silového prejavu dolných končatín je izokinetická sila. Použiteľnosť dát izokinetického merania svalovej sily je zásadné pre futbalistov z hľadiska svalovej dispozície dolných končatín a slúžia ako hlavný indikátor prevencií zranení kolenných väzov a oslabených zadných stehenných svalov ako aj overovací mechanizmus stavu svalového aparátu pred sezónou a v priebehu sezóny. V Českej republike zatiaľ neexistuje prospektívna štúdia na vzťah silových parametrov a zranení hráča a ani štúdia, ktorá by sa zaoberala vytvorením silových noriem pre futbalistov. V tejto štúdii sa pokúsime stanoviť testové normy silového pomeru H/Q (sila extenzorov a flexorov kolena) pre futbalových hráčov rôznej vekovej kategórie a následne ozrejmiť vzťah medzi úrovňou svalovej sily extenzorov a flexorov kolena a nekontaktným zranením dolných končatín vo futbale.

1 TEORETICKÝ ROZBOR

Meranie svalovej sily je dôležitým faktorom v evaulácii a predikcii svalového stavu funkčnej kapacity (Daneshjoo, Rahnama, Mokhtar & Yusof, 2013). Veľa výskumov podporuje tento koncept (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty & Ferret, 2008; Fousekis, Tsepis & Vagenas, 2010; Greco, Silva, Camarda & Denadai, 2013). Izokinetický maximálny uhlový moment je jednou z najčastejšie používaných metód hodnotenia svalovej sily dolných končatín vo futbale (Rahnama, Lees & Bambaecichi, 2005; Houweling, Head & Hamzeh, 2009; Jenkins, Hawkey, Costa, Fiddler, Thompson, Ryan et al., 2013). Sila flexorov a extenzorov kolena a pomer hamstringu ku quadricepsu H/Q boli tiež identifikované ako dôležité kritériá na analýzu rizika zranenia dolných končatín (Croisier et al., 2008; Houweling, Head & Hamzeh, 2009; Fousekis, Tsepis, Poulmedis, Athanasopoulos & Vagenas, 2011). Početné štúdie sa zamerali na vplyv rôznych tréningových programoch, aby sa zabránilo úrazom dospelých ako aj mládežníckych futbalistov (Arnason, Andersen, Holme, Engebretsen & Bahr, 2008; Iga, George, Lees & Reilly, 2009; Śliwowski, Jadcak, Hejna & Wieczorek, 2015). Viacerí vedci úspešne opísali izokinetický svalový profil na rôznych výkonnostných futbalových úrovniach (Forbes, Bullers, Lovell, McNaughton, Polman & Siegler, 2009; Lehance, Binet, Bury & Croisier, 2009). Isokinetická svalová sila bola tiež porovnávaná v rôznych častiach futbalovej sezóny (Lehnert, Xaverová & De Ste Croix, 2014). Počas hry a tréningu futbalu sa zvyšuje svalová sila okolo kolenného kĺbu, tým pádom amplitúda zväčšenia nemusí byť rovnaká u hamstringov a quadricepsov (Cometti et al., 2001), pričom sa predpokladá, že typické futbalové zaťaženie môže rozvíjať viac silu quadricepsu v porovnaní so silou hamstringov, čo môže zmeniť vzájomnú rovnováhu sily okolo kolena.

Adolescentní športovci prechádzajú mnohými zmenami v živote a v športe prostredníctvom procesu rastu a rozvoja. Počas tohto časového obdobia sa uskutočňuje veľa rozhodujúcich rozhodnutí pre dlhodobý športový vývoj. Silový a kondičný tréning môže poskytnúť stabilný základ pre celoživotný pohyb (Haff & Triplett, 2015). National Strength and Conditioning Association stanovila, že silový tréning pre mládež môže byť bezpečný a účinný pri rozvíjaní sily, koordinácie a atletických cvičení od šiestich rokov (Faigenbaum et al., 2009). Tréning sily zohráva významnú rolu pri zaistení toho, aby mladí športovci boli koordinovanejšími, stabilnejšími a silnejšími, ako postupujú cez športovú kariéru (Haff & Triplett, 2015). Keďže oblasť športového výkonu sa rozrástla, bolo zrejmé, že tréneri by mali uprednostňovať špecificky zamerané tréningy na všetky zložky výkonu (Joyce & Lewindon,

2014) počas tréningového kontinua. Napriek obavám v minulosti, že silový tréning je škodlivý pre mladých športovcov sa ukázalo, že silový tréning môže rozvíjať odolnosť voči úrazom u športovca (Faigenbaum et al., 2009). Vyššia úroveň motorickej kontroly a lepšie pochopenie toho, ako sa telo pohybuje v priestore, dovoľuje športovcovi, aby získal viac kontroly nad prevenciou úrazov (Myer, Faigenbaum, Ford, Best, Bergeron & Hewett, 2011). Stratégie ako správne stabilizovať jadro, rozložiť telesnú hmotnosť a odolávať silám, sú všetky oblasti, ktoré môžu znížiť riziko zranenia (Prieske et al., 2016; Myer et al., 2011). Keď sú športovci v tréningovom zaťažení v priebehu celého roka, nachádzajú sa vo zvýšenom riziku poranenia a muskuloskeletárna bolesť je viac rozšírená (Joyce & Lewindon, 2014).

Fyzické a fyziologické charakteristiky, ktoré sú pre futbalistov definované ako najpodstatnejšie sú aeróbna kondícia, svalová sila, vysoká rýchlosť, výbušná sila a agilita (Arnason, Sigurdsson, Gudmundsson, Holme, Engebretsen & Bahr, 2004; Bloomfield, Polman & O'Donoghue, 2007; Polman, Walsh, Bloomfield & Nesti, 2004). Vo všeobecnosti sú futbalisti rozdelení do štyroch kategórií týkajúcich sa pozície v hre. Sú to brankári, obrancovia, stredopolári a útočníci a každý z nich ma svoje vlastné špecifické charakteristiky. Útočníci sa zdajú byť najrýchlejšími hráčmi v tíme. Najväčšie celkové vzdialenosti bývajú pokryté stredopolármi, ktorí pôsobia ako spojenie obrany a útoku (Al-Hazzaa et al., 2001; Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000). Vo futbalovom zápase obrancovia vykonávajú viac spätného pohybu než útočníci (Rienzi, Drust, Reilly, Carter & Martin, 2000). Pozičné rozdiely skúmali športoví vedci (Al-Hazzaa et al., 2001) pričom uvádzajú, že každá konkrétna pozícia v hre môže mať jedinečné fyzické a fyziologické požiadavky (Bloomfield, Polman & O'Donoghue, 2007; Burgess, Naughton & Norton, 2006). Muskuloskeletárny profil futbalistov závisí na faktoroch ako pozícia na ihrisku, profesionálny atletický štandard a dokonca aj na štýle hry. Napríklad útočníci vykonávajú určité cvičenia zahŕňajúce skoky, kopy ako aj posuny a sklony, ktoré vyžadujú špecifický level sily, aby boli pohyby vykonané presne, čím sa znižuje riziko poranenia (Tsiokanos, Paschalis & Valasotiris, 2016). V kontexte širokej oblasti skúmania izokinetických štúdií futbalistov, sú k dispozícii mále informácie o silovom izokinetickom profile podľa hráčskej pozície. Aj keď existujú uskutočnené výskumy v tejto oblasti potvrdzujú najmä rozdielny profil izokinetickej sily medzi hráčmi hrajúcich na rôznych pozíciách (Silva, Detanico, Dal Pupo & Freitas, 2015; Goulart, Dias & Altimari, 2007; Weber, Da Silva, Radaelli, Paiva & Pinto, 2010; Tourny-Chollet, Leroy, Leger & Beuret-Blanquart, 2000; Ruas, Minozzo, Pinto, Brown & Pinto, 2015; Magalhães, Oliveir, Ascensão & Soares, 2004). Štúdia Tourny-Chollet et al. (2000)

naznačuje, že útočníci vykazovali podstatne vyššiu úroveň koncentrickej sily hamstringov v porovnaní so stredopolarmi a obrancami. Lepší moment sily u extenzorov kolena u hráčov hrajúcich v defenzíve v porovnaní so stredopolarmi bol potvrdený aj v súčasnej štúdii Silva et al. (2015). Avšak Goulart et al. (2007), ktorí využili rozdelenie hráčov preukázali, že svaly flexoru kolenného kĺbu mali vyššiu silu práve u obrancov v porovnaní s ostatnými pozíciami a svaly extenzorov kolenného kĺbu brankárov vykazovali nižšiu silu a mali vyšší index únavy v porovnaní s výsledkami hráčov v poli. Tieto zistenia sú v súlade so zisteniami Ruas et al. (2015), ktoré preukázali odlišné charakteristiky a koncentrickú úroveň sily hamstringov a quadricepsov ako väčšina hráčov na iných pozíciách. Avšak Magalhães et al. (2004) nezaznamenali odlišnosti v izokinetickej sile medzi hráčmi na rozličných pozíciách. Tieto rozdiely medzi výsledkami mohli byť spôsobené veľkou variabilitou testovacích protokolov, konkrétne uhlovou rýchlosťou, typom dynamometra (Biodex, Cybex), veľkými rozdielmi vo výkonnosti športovcov a počtom študovaných účastníkov, čo robí predmet štúdií nejednoznačný.

Keďže základom väčšiny futbalových pohybov je svalová sila (napr. kopy, vertikálne výskoky a rýchlosť) hráčove prevedenie pohybov môžu modifikovať sila dolných končatín a asymetrie, ktoré môžu byť tiež špecifické pre danú pozíciu (Carvalho & Cabri, 2007; Goulart, Dias & Altimari, 2007; Tourny-Chollet et al., 2000; Weber et al., 2010). Vo futbale, *m. quadriceps femoris* je primárne používaný koncentricky pri presunoch, kopoch a skokoch (Weber et al., 2010), naopak hamstringy sa primárne používajú excentricky na ovládanie, spomalenie a stabilizáciu kolena, ale sú tiež využívané na šprint, otáčanie a bránenie (Carvalho & Cabri, 2007, Opar & Serpell, 2014; Weber et al., 2010). Pomer sily medzi týmito dvoma svalovými skupinami môže vyplývať z futbalových špecifických zručností (Fousekis, Tsepis & Vagenas, 2010; Magalhães et al., 2004), ak však hamstringy neprodukujú dostatočný krútiaci moment na spomalenie otáčania kolena (Coombs & Garbutt, 2002) to môže zvýšiť pravdepodobnosť poškodenia hamstringov alebo predného krížové väzu (Croisier et al, 2008; Holcomb et al., 2007). Na zachytenie týchto asymetrií je silový pomer hamstring ku quadricepsu (H/Q) bežne hodnotený pred sezónou (Croisier et al, 2008). Meraním svalovej sily ohybov a extenzorov kolena sa kvantifikuje oblasť svalovej nerovnováhy v dvoch rozmeroch: bilaterálna asymetria sily a jednostranný pomer svalovej sily medzi skupinami hamstringov a kvadricepsov (pomer H/Q). Asymetria sily medzi dolnými končatinami a relatívna nerovnováha medzi svalmi agonistami a antagonistami upozorňuje na vážny problém pre hráčov futbalu (Rahnama et al., 2005; Fousekis, 2010).

Dôvodom je, keď futbalový hráč vykonáva dominantnou nohou úder do lopty, nedominantná noha slúži ako stĺp celkovej telesnej hmotnosti (Oshita & Yano, 2010) a akákoľvek neprimeraná úroveň svalovej sily nepreferovaných končatín môže ovplyvniť kvalitu kopnutia a následná asymetria pohybu môže viesť k nesprávnej kontrole celého pohybu tela a môže spôsobiť zranenie športovca (Grygorowicz et al., 2010). Maximálny izokinetický koncentrický a excentrický točivý moment sa používa na výpočet týchto pomerov, ktoré možno klasifikovať ako konvenčné alebo funkčné pomery (Coombs & Garbutt, 2002). Navyše zvýšená bilaterálna asymetria medzi preferovanou a nepreferovanou nohou môže zvýšiť riziká poranenia kolena (Croisier et al, 2008; Zvijac et al., 2014). Silové asymetrie na dolných končatinách boli skúmané u futbalových hráčov v zahraničí (Croisier et al, 2008; Eniseler et al., 2012, Fousekis, Tsepis & Vagenas, 2010; Tourny-Chollet et al., 2000). Konvenčné pomery a funkčné pomery menšie ako 0,6 (Coombs & Garbutt, 2002; Portes et al., 2007; Zvijac et al., 2014) respektíve bilaterálna asymetria vyššia ako 15% (Croisier et al, 2008; Weber et al., 2010) môže zvýšiť riziko poranenia kolena (Croisier et al, 2008; Magalhães et al., 2004; Weber et al., 2010). Okrem toho je diskutované či sa sila a asymetria rozlišujú podľa hráčskej pozície (Carvalho & Cabri, 2007; Tourny-Chollet et al., 2000; Weber et al., 2010). To poukazuje na potrebu špecifických programov sily a kondičných programov podľa hráčskych pozícií (Carvalho & Cabri, 2007; Weber et al., 2010). Predchádzajúci výskum popisujúci silový profil futbalových hráčov zistil konfliktné výsledky (Carvalho & Cabri, 2007; Goulart, Dias & Altimari, 2007; Tourny-Chollet et al., 2000; Weber et al., 2010). Napriek tomu, že väčšina štúdií získala menšie rozdiely v závislosti na hráčskych pozíciách pri maximálnom momente sily medzi quadricepsami a hamstringami (Goulart, Dias & Altimari, 2007; Tourny-Chollet et al., 2000; Weber et al., 2010) bez rozdielov v excentrickom maximálnom momente sily (Tourny-Chollet et al., 2000; Weber et al., 2010), ostatné zistili trend, v ktorom stopéri a brankári produkujú väčšiu celkovú silu ako quadripesov tak aj hamstringov v porovnaní s ostatnými hráčmi v poli (Carvalho & Cabri, 2007). Môže to byť spôsobené tým, že vykonávajú viac obranných činností (napr. vertikálne výskoky, bránenie, dlhé výkopy a prihrávky), čo vedie k väčšej sile ako u iných hráčskych pozíciách (Carvalho & Cabri, 2007). Okrem toho brankári absolvujú tréning, v rámci ktorého kompletizujú špecifické brankárske zručnosti (napr. opakujúce sa vertikálne a bočné skoky, dopady na zem a jednostranné odkopy od brány) (Eirale et al., 2014), ktoré môžu zmeniť silový profil v porovnaní s inými pozíciami. Nie je jasné či by sa to prejavilo aj v silovej asymetrii a zvýšených rizikách úrazov. Väčšina štúdií uviedla, že futbalisti majú zvyčajne v rámci normatívnych hodnôt stranovú silovú asymetriu (Carvalho & Cabri, 2007; Tourny-Chollet et

al., 2000; Weber et al., 2010), kvôli potrebe toho, aby koleno na nepreferovanej nohe bolo dostatočne silné, aby podporilo koordinačné činnosti uprednostňovaného kolena (Magalhães et al., 2004; Weber et al., 2010).

Ako uvádzajú Schmikli, de Vreis, Inklaar & Back (2011) frekvencia zranení u dospelých mužských futbalových hráčov patrí medzi najvyššie zo všetkých športov, vrátane rugby a boxu. Hoci pozorujeme malé rozdiely pokiaľ ide o presný počet úrazov na 1000 hraných hodín, podľa Arliani et al. (2011) výskyt futbalových zranení sa odhaduje na 10 – 15 zranení na 1000 hodín tréningu. Okrem toho, Aoki, O'hata, Kohno, Morikawa & Seki (2012) zistili, že v súťaži dochádza ku zraneniu 16,6 – 34,8 krát na 1000 hraných hodín. Vyhýbanie sa zraneniu je veľmi podstatné pre všetkých športovcov na rôznej výkonnostnej úrovni. Čas, ktorý športovec v dôsledku zranenia stratí je dôležitý ako pre sľubnú kariéru športovca tak aj pre tím, ktorý je kvôli zraneniu limitujúci možnosťou dosiahnuť svojho najvyššieho výkonnostného potenciálu (Ekstrand, Hagglund & Walden, 2011). Prevencia je prvým krokom pri udržiavaní optimálneho zdravia ako takého a aby nedošlo k zraneniu musíme pochopiť aké typy poranení sú viac menej samozrejmosťou pre futbalistov. Konsenzus je, že väčšina futbalových zranení súvisí s dolnými končatinami, čo nie je prekvapujúce, pretože futbal sa vyznačuje vysokou intenzitou a neustálymi zmenami smeru pri vysokom zaťažení (Wong & Hong, 2005). Epidemiológia úrazov vo futbale ukázala rôzne vzory zranenia podľa rozličných futbalových národov. Carling, Gall & Orhant (2011) tvrdia, že svalové vlákna v oblasti hamstringov sú najbežnejším typom poranenia u futbalistov na profesionálnej futbalovej úrovni. Woods, Hawkins, Hulse & Hodson (2002) zistili, že poranenie hamstringov tvorí 11% zo všetkých zranení v predsezónnych tréningoch a 12% v súťažnom období u anglických profesionálnych futbalistoch. Arnason, Andersen, Holme, Engeberetsen, Bahr (2008); Dadebo, White & George (2004) tiež zaznamenali, že zranenia hamstringov sú zastúpené 11% zo všetkých zranení u profesionálnych futbalistov Anglicka, 13% u hráčov Nórska a 16% na Islande. Výsledky z tejto štúdie demonštrujú, že poranenie svalovej skupiny hamstringov je najčastejšie zranenie vo futbale. Bolo preukázané, že excentrický silový tréning môže znížiť riziko zranenia hamstringov u heterogénnych futbalových populácií (Arnason et al., 2008). Navyše plyometrický tréning a tréning obratnosti sú hlavnou súčasťou preventívneho programu na zníženie výskytu zranenia vo futbale. Dick, Putukian, Agel, Evans & Marshall (2007) došli vo svojej štúdii k záverom, že podvrtnutie členku a kolena sú bežné zranenia v ženskom futbale. Ekstrand, Hagglund & Walden (2011) a Dick et al. (2007) zistili, že takmer jedna tretina všetkých úrazov vo futbale sú svalové zranenia hamstringov,

adduktorov, quadricepsov a lýtkových svalov. Aaltonen, Karjalainen, Heinonen, Parkkari & Kujal (2007) prišli na to, že zníženie rizika športových úrazov bolo spojené s použitím vložky do topánok ako podpery a intervenčným tréningovým programom. Emery & Meeuwisse (2010) zistili, že implementovaný program bol účinný pri znižovaní rizika všetkých zranení ako aj akútneho nástupu zranení. Najčastejšie ovplyvniteľné rizikové faktory pri zranení hamstringov sú skrátené optimum svalovej dĺžky, nedostatok svalovej flexibility, silová nerovnováha, nedostatočné rozcvičenie, únava, nerovnováhy v oblasti bedier a narastajúca nervová tenzia a medzi neovplyvniteľné rizikové faktory radíme typy svalových vlákien, vek, povrch ihriska, počasie a predchádzajúce zranenia (Liu, Garrett, Moorman & Yu, 2012). Niekoľko štúdií objavilo koreláciu silovej nedostatočnosti quadricepsov a hamstringov a zvýšeným rizikom poranení dolných končatín (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty & Ferret, 2008; Cameron, Adams & Maher, 2003; Myer, Ford, Barber Foss, Liu, Nick & Hewett, 2009; Soderman, Alfredson, Pietila & Werner, 2001). Iné štúdie však prezentujú nevýznamné spojenie slabých svalov stehien a rizikom poranenia (Zvijac, Toriscelli, Merrick & Kiebzak, 2013; Engebretsen, Myklebust, Holme, Engebretsen & Bahr, 2010). Tieto nekonzistentné zistenia pravdepodobne vyplývajú z rozmanitosti výskumných protokolov (tzn. rýchlosť izokinetického testovania, koncentrická alebo excentrická kontrakcia), výsledkov (tzn. maximálny točivý moment, H/Q pomer, merania asymetrie), výskumné populácie (ženy, rôzne športy) zranenia (všetky zranenia dolných končatín, špeciálne zranenia, hamstringy, ruptúry ACL). Štyri súčasné recenzie (Dallinga, Benjaminse & Lemmink, 2012; Freckleton & Pizzari, 2013; Liu, Garrett, Moorman & Yu, 2012; Opar, Williams & Shield, 2012) diskutujú o rizikových faktoroch pre zranenie hamstringov, z čoho vyplýva záver že dnešná evidencia meraní izokinetickej sily ako prediktora poškodenia hamstringov je nekonzistentná. Freckleton & Pizzari (2013) uskutočnili niekoľko meta-analýzových prospektívnych štúdií v ktorých analyzovali izokinetickú silu svalov kolena ako rizikový faktor zranenia hamstringov, čo ukázalo že vysoká sila quadricepsu v porovnaní s hamstringom bola signifikantne rizikový faktor pre poranenie zadných svalov stehien. V nedávnej štúdii Zvijac, Toriscelli, Merrick, Papp & Kiebzak (2014) zhromaždili výsledky sily quadricepsov a hamstringov v Národnej futbalovej lige (n =203) a identifikovali hráčov, ktorí utrpeli poranenie hamstringov behom prvej sezóny. Na rozdiel od predchádzajúceho výskumu sa nenašli žiadne zmysluplné korelácie medzi poranením hamstringov a silou flexorov a extenzorov kolena. Jedna z najväčších prospektívnych štúdií nielen skúmajúca izokinetickú silu pred sezónou (v koncentrickom aj excentrickom module) u profesionálnych futbalových hráčov, ale zahŕňa aj intervenciu na vyriešenie akýchkoľvek existujúcich silových dysbalancií

(Croisier, Ganteaume, Binet, Genty & Ferret, 2008). Športovci v intervenčnej skupine participovali v kondičnom programe na posilnenie hamstringu, pozostávajúcom z manuálnych, izotonických a izokinetických silových cvičení. Zo 462 hráčov, ktorí dokončili štúdiu sa vyskytlo 35 hráčov s poranením hamstringov. Futbaloví hráči boli považovaní pred sezónou za hráčov so silovými dysbalanciami, ak preukázali významné silové nedostatky v najmenej v dvoch zo siedmich parametrov ktoré reflektovali bilaterálnu asymetriu u hamstringov a H/Q pomer v rozličných uhľových rýchlostiach a moduloch testovania. Frekvencia poranení hamstringov bola najnižšia (4,1%) u hráčov, ktorí nevykazovali žiadne silové dysbalancie pred sezónou, zatiaľ čo najvyšší výskyt zranení hamstringov vykazovali hráči so silovými asymetriadami (16,5%). Skupina ktorá absolvovala kondičný rehabilitačný program zameraný na dysbalancie hamstringov vykazovala v sezóne 5% poranení hamstringov. Tieto výsledky naznačujú, že inkorporácia kombinácie silových dysbalancií môže byť cennejšia keď posudzujeme viac parametrov ako jeden a adekvátny tréning môže pomôcť redukovať riziko poranenia a normalizovať dysbalancie.

2 CIEĽ, HYPOTÉZY A ÚLOHY PRÁCE

2.1 Cieľ práce

Cieľom práce je stanoviť normy silového pomeru H/Q (pomer medzi flexormi a extenzormi kolena) pre mládežnícke futbalové kategórie U16, U17, U18, U19, juniorov a pre dospelých hráčov Českej republiky a na základe preskriptívneho typu štúdie stanoviť percentuálnu kritickú hranicu dysbalancií flexorov a extenzorov kolena pri ktorej môže dôjsť najčastejšie ku poraneniám dynamických či statických stabilizátorov kolenného kĺbu u futbalistov.

2.2 Vedecká otázka

Aká je úroveň a rozdiel H/Q pomeru u futbalových hráčov v období adolescencie? Aká hladina silového pomeru H/Q je najrizikovejšia pre vznik zranenia stabilizátorov kĺbu kolena? Akú rolu hrá pri poraneniach bilaterálna nerovnováha stabilizátorov kolenného kĺbu?

2.3 Hypotézy práce

H1: So zvyšujúcou sa uhlovou rýchlosťou sa bude zvyšovať aj H/Q pomer, pričom v mládežníckych kategóriách u flexorov kolena predpokladáme priemernú úroveň minimálne 50% a v seniorskej kategórii minimálne 60% z úrovne sily extenzorov kolena.

H2: Predpokladáme, že hráči s výrazne podpriemernou ($< \bar{x} - 1,5 s$) a podpriemernou úrovňou ($\geq \bar{x} - 1,5 s$ až $< \bar{x} - 0,5 s$) silového pomeru H/Q budú v sezóne viac zranení ako hráči s priemernou a vyššou hladinou silového pomeru ($\geq \bar{x} - 0,5s$).

H3: Hráči s väčšou bilaterálnou asymetriou (hráči v posledných 10 percentiloch normy) v predsezónnom testovaní budú vykazovať väčšie percento zranení v sezóne v porovnaní s hráčmi s vyrovnanou bilaterálnou rovnováhou.

H4: Hráči, ktorí budú mať úroveň bilaterálnych asymetrií flexorov kolena $\geq 10\%$, budú mať vyššiu mieru zranenia ako hráči s nižšou bilaterálnou hladinou dysbalancií extenzorov kolena $\geq 10\%$.

2.4 Úlohy práce

Na základe cieľa práce sme si stanovili nasledujúce úlohy práce:

- Rešerš dostupnej domácej a zahraničnej odbornej literatúry.
- Výber výskumnej skupiny (zabezpečenie súboru pre účely testovania).
- Zostavenie plánu (dizajnu) merania, konzultácia so školiteľom a trénerom príslušného tímu.
- Realizácia merania v laboratórnych podmienkach.
- Spracovanie výskumných údajov.
- Stanoviť normy silového pomeru H/Q
- Analyzovanie výsledkov medzi silovými parametrami a zranením u hráčov
- Naviazať na predchádzajúce výskumy a konfrontovať ich výsledky s našimi
- Vypracovanie záverečnej dizertačnej práce.

3 METODIKA PRÁCE

3.1 Charakteristika výskumného súboru

Sledovaná skupina probandov pozostáva z futbalových hráčov, hrajúcich v elitných českých futbalových kluboch ako v mládežníckych tak aj v seniorských kategóriách, ktorí splnia kritéria výberu. Všetci probandi sú pravidelne trénovaní kvalifikovanými trénermi, pričom frekvencia tréningov a zápasov odpovedá ich vekovej kategórii a výkonnostnej úrovni. Približný počet probandov pre každú vekovú kategóriu bol 200 hráčov (seniorská kategória $n=227$, juniorská kategória $n=192$, U19 $n=193$, U18 $n=194$, U17 $n=203$, U16 $n=189$).

Kritéria výberu pre vekové kategórie:

U16 – podpísaný informovaný súhlas, vek = 16, pohlavie = muž, počet tréningových jednotiek za týždeň ≥ 4 , počet odohratých zápasov v sezóne ≥ 10 , účasť v najvyššej ligovej súťaži ≥ 1 rok, proband sa venuje futbalu ≥ 4 roky

U17 – podpísaný informovaný súhlas, vek = 17, pohlavie = muž, počet tréningových jednotiek za týždeň ≥ 4 , počet odohratých zápasov v sezóne ≥ 10 , účasť v najvyššej ligovej súťaži ≥ 1 rok, proband sa venuje futbalu ≥ 5 rokov

U18 – podpísaný informovaný súhlas, vek = 18, pohlavie = muž, počet tréningových jednotiek za týždeň ≥ 4 , počet odohratých zápasov v sezóne ≥ 10 , účasť v najvyššej ligovej súťaži ≥ 1 rok, proband sa venuje futbalu ≥ 6 rokov

U19 – podpísaný informovaný súhlas, vek = 19, pohlavie = muž, počet tréningových jednotiek za týždeň ≥ 4 , počet odohratých zápasov v sezóne ≥ 15 , účasť v najvyššej ligovej súťaži ≥ 2 roky, proband sa venuje futbalu ≥ 6 rokov

Juniorská kategória – podpísaný informovaný súhlas, vek = 20 - 21, pohlavie = muž, počet tréningových jednotiek za týždeň ≥ 4 , počet odohratých zápasov v sezóne ≥ 15 , účasť v najvyššej ligovej súťaži ≥ 2 roky, proband sa venuje futbalu ≥ 7 rokov

Seniorská kategória – podpísaný informovaný súhlas, vek > 21 , pohlavie = muž, počet tréningových jednotiek za týždeň ≥ 4 , počet odohratých zápasov v sezóne ≥ 15 , účasť v najvyššej ligovej súťaži ≥ 2 roky, proband sa venuje futbalu ≥ 7 rokov

3.2 Organizácia výskumného súboru

Testy silových schopností (flexorov a extenzorov kolena) u dominantnej aj nedominantnej dolnej končatiny sa uskutočnili v júni roku 2016 a v júni roku 2017 v laboratóriu športovej motoriky FTVS UK za účelom vytvorenia päťstupňových noriem pre dané vekové kategórie a stanovenie predsezónnych bilaterálnych a unilaterálnych silových asymetrií u hráčov. Následne sa hráči sledovali v priebehu danej sezóny, či u nich nenastalo nejaké zranenie. Pokiaľ k zraneniu došlo, tak sme sa spätne pozerali na jeho silové charakteristiky a silový pomer medzi extenzormi a flexormi kolena a či je na základe toho možné predikovať zranenie a určiť kritickú hladinu, ktorá indikuje poranenie dynamických a statických stabilizátorov kolenného kĺbu.

3.3 Metodika získavania výskumných údajov

Parametre izokinetickej sily sme sledovali pomocou izokinetického dynamometru Cybex Humac Norm (Cybex NORM ®, Humac, CA, USA). Zisťovali sme maximálny silový moment (PT) extenzorov a flexorov kolena dominantnej a nedominantnej končatiny pri koncentrickej kontrakcii v uhlových rýchlostiach 60, 180 a 300°. s⁻¹. Postup testovania od najnižšej po najvyššiu rýchlosť pohybu je štandardizovaný a doporučený autormi Wilhite et al. (1992). Reliabilita PT celkovej práce je vyššia ako 0,90 pri všetkých testovaných rýchlostiach – 60, 180 a 300°. s⁻¹ (Impelizzeri et al., 2008). Pri testovaní sedel hráč na sedadle dynamometra s fixovaným trupom a stehnom testovanej končatiny pomocou fixačných popruhov s cieľom izolácie testovaných svalových skupín. Osa otáčania ramena dynamometra bola vizuálne nastavená s osou otáčania kolena pomocou laserového lúča. Pred testovaním proband absolvoval krátke rozcvičenie (rotoped 5 min., záťaž 120W pri otáčkach 90 – 110 za minútu). Úlohou probanda bolo pri meraní vygenerovať maximálnu silu pri koncentrickej resp. excentrickej svalovej kontrakcii pri uvedených rýchlostiach pohybu. Pred každou rýchlosťou mal testovaný 3 nácvičné opakovania. Počas testovania sa hráči držali postranných madiel dynamometra. Vizuálna spätná väzba a verbálna motivácia bola poskytnutá počas testovania všetkým hráčom.

3.4 Spracovanie výskumných údajov

Výskumné údaje sme spracovali pomocou základných matematicko – štatistických postupov. Pre vyjadrenie skupinového výsledku sme použili aritmetický priemer, smerodajnú odchylku a pre vyjadrenie rozdielov sledovaných parametrov percentuálny rozdiel. Rozsah údajov sme vyjadrili pomocou maximálnej a minimálnej hodnoty. Taktiež sme použili inter- a intraindividuálne hodnotenie sledovaných parametrov u hráčov. Zhodnotenie distribúcie dát sme uskutočnili pomocou Shapiro-Wilkovho testu normality ($p > 0,05$), analýzou šikmosti a špičatosti distribúcie dát a vizuálnym zhodnotením grafov. Štatistické analýzy boli počítané na hladine významnosti $\alpha = 0,05$. Normy boli vytvorené ako päťstupňové. V procese tvorby noriem najprv transformujeme hrubé skóre (HS) testu vo vybraných skórujúcich systémoch na percentily. Pri popise normatívnych dát boli použité percentily, pretože umožňujú rovnakú interpretáciu či už sa jedná o dáta normálne rozložené alebo zošikmené. Dáta vyhodnotíme pomocou normovej tabuľky zostavenej na princípe uvedenom v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 1 - Päťstupňová norma

VÝKONNOSŤ	ROZSAH
Výrazne podpriemerná	$\leq 10\%$
Podpriemerná	$\geq 10\%$ až $< 30\%$
Priemerná	$\geq 30\%$ až $< 70\%$
Nadpriemerná	$\geq 70\%$ až $< 90\%$
Výrazne nadpriemerná	$\geq 90\%$

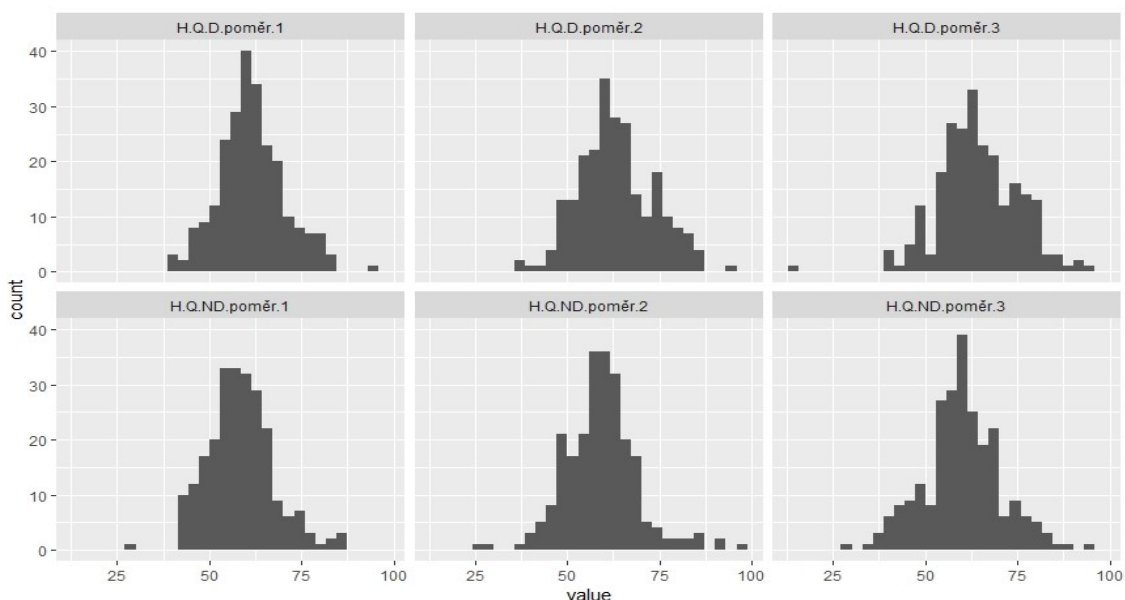
Kritéria pre hodnotenie vzťahu H/Q indexu a zranením:

- typ zranení: poranenie kolena – meniskus, väzy, poranenie svalovej skupiny zadných stehenných svalov (hamstringov), poranenie quadricepsu, poranenie členka

4 VÝSLEDKY VÝSKUMU

4. 1 Seniorská kategória

Silové charakteristiky v seniorskej kategórii boli sledované u 227 futbalových hráčov hrajúcich v najvyššej ligovej súťaži v ČR (vek = 25.44 ± 8.7 rokov, telesná výška = 182.10 ± 6.57 cm, telesná hmotnosť = 77.53 ± 6.98 kg). V obrázku č. 1 pozorujeme rozloženie silového pomeru medzi quadricepsom a hamstringom ako u dominantnej tak aj u nedominantnej dolnej končatiny pri troch uhlových rýchlostiach. Pri uhlovej rýchlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$ u dominantnej nohy (H.Q.D. pomer 1) priemerná hodnota bola $61.26 \pm 9.55\%$, u nedominantnej nohy (H.Q.ND. pomer 1) pozorujeme nižšie priemerné hodnoty a to $58.25 \pm 9.54\%$. Pri vyššej uhlovej rýchlosti $180^\circ \cdot s^{-1}$ sa vyskytujú vyššie priemerné hodnoty a to ako u dominantnej dolnej končatiny (H.Q.D. pomer 2 = $62.68 \pm 11.53\%$), tak aj u nedominantnej (H.Q.ND. pomer 2 = $59.12 \pm 10.42\%$). Unilaterálny pomer pri najvyššej meranej uhlovej rýchlosti $300^\circ \cdot s^{-1}$ u preferovanej nohy dosiahol hodnoty $63.66 \pm 12.25\%$ (H.Q.D. pomer 3) a u nepreferovanej dolnej končatiny sa priemerná hodnota priblížila k hranici 60% a to $59.96 \pm 10.50\%$ (H.Q.ND. pomer 3).

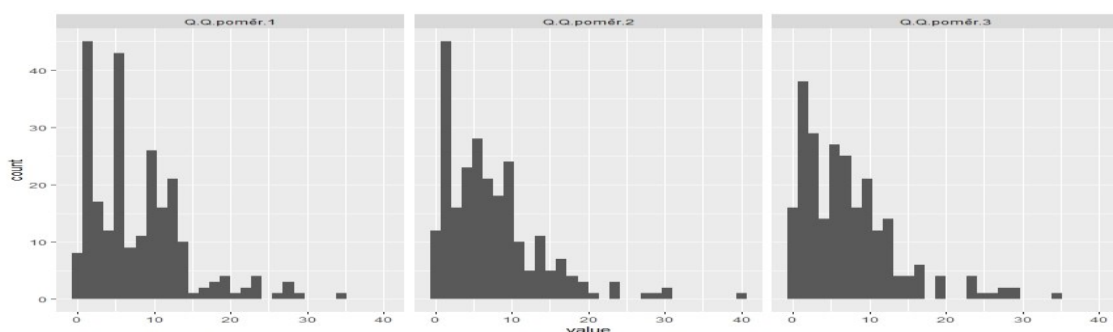


Obrázok 1 - Normy H/Q pomeru u mužov u dominantnej (D) a nedominantnej nohy (ND)

Tabuľka 2 – Percentilové rozloženie H/Q pomeru u mužov

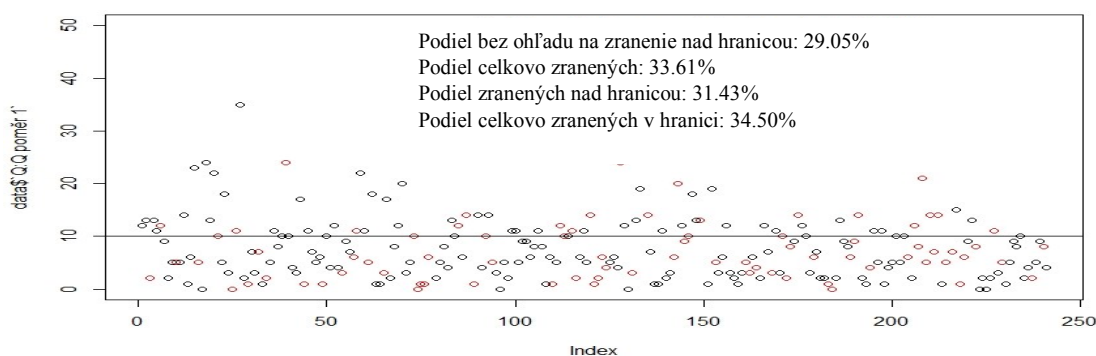
	H.Q.D.1	H.Q.D.2	H.Q.D.3	H.Q.ND.1	H.Q.ND.2	H.Q.ND.3
0%	6	0	0	5	9	30
10%	51	51	50	48	48	46
20%	54	54	56	51	51	53
30%	57	57	58	53	54	55
40%	59	60	61	56	57	58
50%	61	62	64	58	59	60
60%	62	65	66	60	61	62
70%	66	67	69	63	63	65
80%	68	72	73	65	66	68
90%	73	77	78	70	70	74
100%	94	94	95	86	96	95

Q/Q pomer (obr. 2) nám vyjadruje pomer extenzorov kolena medzi dominantnou a nedominantnou dolnou končatinou. Pri pomere Q/Q 1 (uhlová rýchlosť $60^{\circ} \cdot s^{-1}$) je priemerná hodnota $7.84 \pm 6.31\%$, pričom pozorujeme veľké smerodajné výchylky. Niektorí hráči nemali žiadne dysbalancie medzi preferovanou a nepreferovanou končatinou a na druhej strane iní hráči vykazovali rozdiely až 35%. Podobné výsledky sa vyskytujú aj pri Q/Q pomere 2 pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ kde priemerné hladiny pomeru sú $7.37 \pm 6.27\%$, maximálna hodnota asymetrie medzi dominantnou a nedominantnou nohou je až 40%. Pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ (Q/Q pomer 3) je priemerná hodnota $7.26 \pm 6.23\%$.



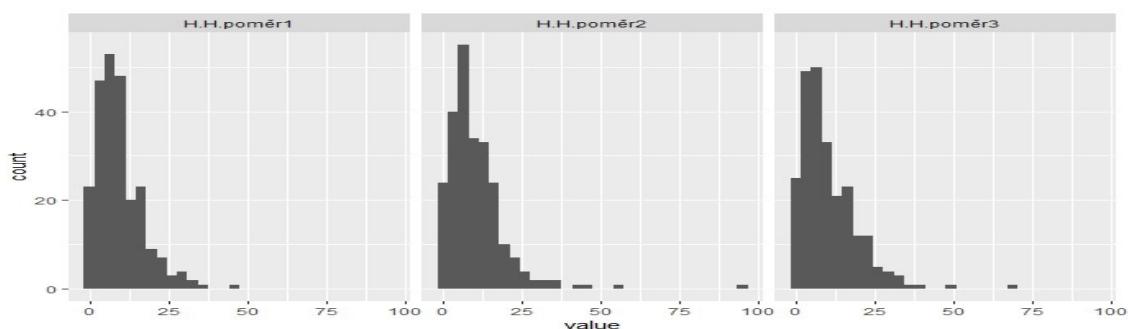
Obrázok 2 – Q/Q pomery pri 3 rôznych uhlových rýchlostiach

Podiel hráčov, ktorí sa nachádzajú nad hranicou 10% bez ohľadu na zranenie je 29.05%. Percento hráčov, ktorí utrpeli nekontaktné poranenie dolných končatín je 33.61%, z čoho 31.43% zranených hráčov sa nachádza v predsezónnych dysbalanciách nad kritickou hladinou a 34.50% zranených hráčov sa nachádza na úrovni 10%, čo nám naznačuje že až 65.50% futbalistov ktorí sa v sezónne poranili majú pomer medzi extenzormi kolena pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ rovný alebo vyšší 10%.



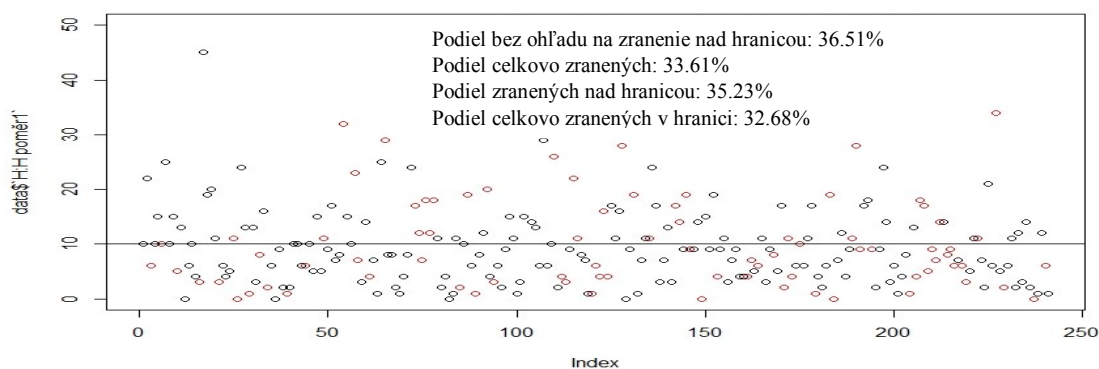
Obrázok 3 - Vzťah Q/Q pomeru a zranenia - limit 10 percentil normy – $60^{\circ} \cdot s^{-1}$

Pomer medzi flexormi kolena preferovanej a nepreferovanej dolnej končatiny vyjadruje H/H pomer (obr. 4). Priemerné hodnoty pri všetkých uhlových rýchlostiach sú vyššie ako pri extenzoroch kolena. Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ (H/H 1) je priemerná hladina $9.52 \pm 9.55\%$. Pri vyšších uhlových rýchlostiach dokonca priemerný bilaterálny pomer medzi hamstringami presahuje hranicu 10%, kde pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú priemerné hodnoty $10.57 \pm 11.52\%$ a pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ $10.36 \pm 9.21\%$.



Obrázok 4 - H/H pomer medzi dominantnou a nedominantnou nohou

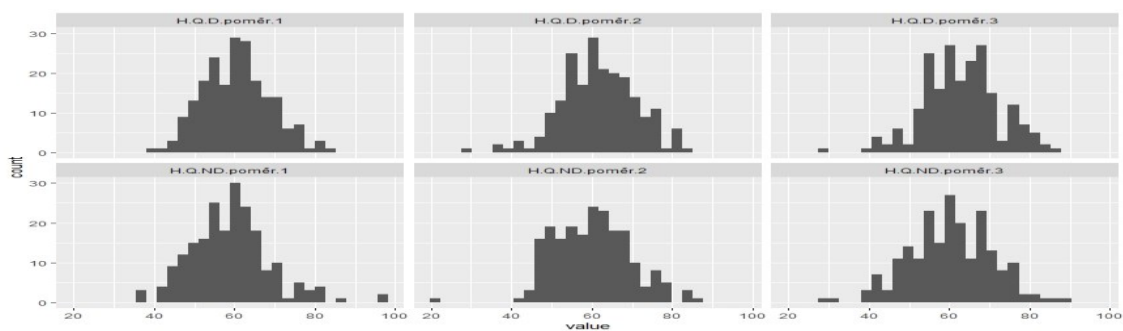
Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ pomer hráčov, ktorí sa pri asymetriách flexorov kolena nachádzali pred sezónou nad hranicou 10% je 36.51%. Percento počtu zranených futbalistov, ktorí vykazovali predsezónne bilaterálne asymetrie je 67.91%, z čoho 35.23% sa nachádza nad hranicou 10% a 32.68% je presne na hranici (obr. 5).



Obrázok 5 - Pomer H/H a zranenia - 10 percentil normy - $60^{\circ} \cdot s^{-1}$

4.2 Juniorská kategória

V juniorskej kategórii bolo testovaných 192 probandov (vek = 20.32 ± 1.17 rokov, telesná výška = 180.53 ± 6.31 cm, telesná hmotnosť = 74.24 ± 6.87 kg). Priemerná úroveň H/Q pomeru u dominantnej nohy pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ je $60.33 \pm 9.07\%$ a u nedominantnej nohy $59.10 \pm 9.77\%$. Pri vyššej uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ pozorujeme vyšší pomer ako u dominantnej ($61.68 \pm 9.09\%$), tak aj u nedominantnej nohy ($59.62 \pm 10.86\%$). Pri najvyššej meranej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ pomer medzi flexormi a extenzormi kolena je u dominantnej dolnej končatiny $62.86 \pm 9.38\%$ a u nedominantnej $60.32 \pm 10.24\%$. So zvyšujúcou sa uhlovou rýchlosťou sa zvyšuje aj konvenčný pomer úrovne flexorov a extenzorov kolena u preferovanej ako aj nepreferovanej nohy (obr. 6).



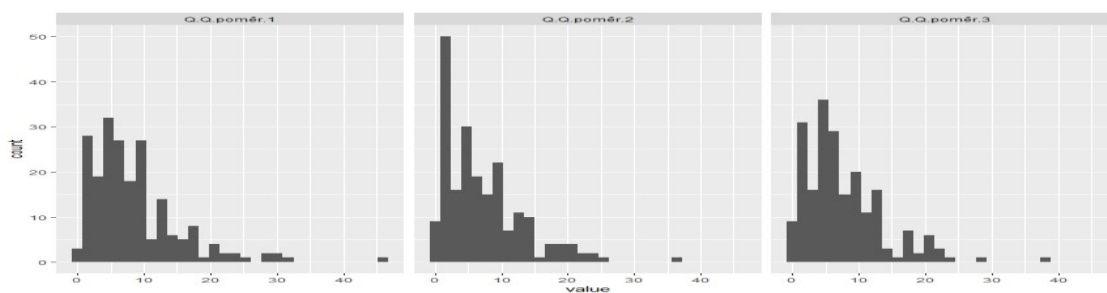
Obrázok 6 - H/Q normy u dominantnej a nedominantnej nohy pri 3 uhlových rýchlostiach

Tabuľka č. 3 nám popisuje percentilové rozloženie pomeru medzi flexormi a extenzormi kolena u dominantnej (D) a nedominantnej nohy (ND) pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ (1), pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ (2) a pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ (3). Tabuľka č. 11 vyjadruje kvantilové rozloženie H/Q pomeru v juniorskej kategórii.

Tabuľka 3 - Percentilové rozloženie H/Q pomeru

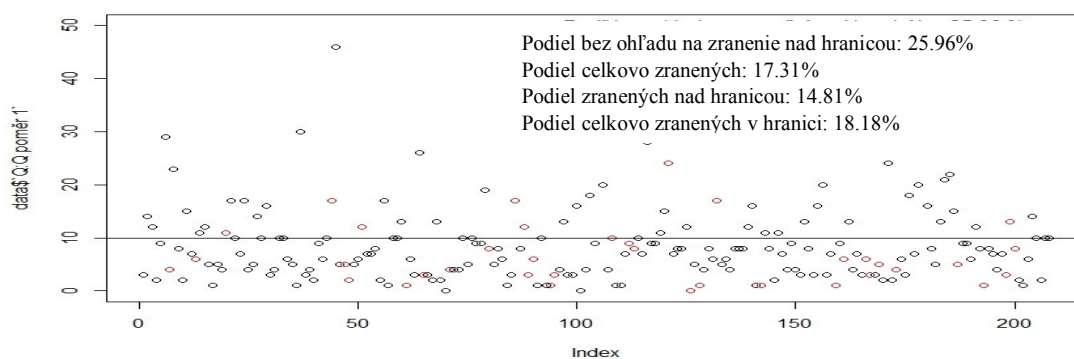
	H.Q.D.1	H.Q.D.2	H.Q.D.3	H.Q.ND.1	H.Q.ND.2	H.Q.ND.3
0%	5	29	30	37	3	30
10%	50	51	53	48	48	47
20%	53	54	55	51	51	52
30%	56	57	58	54	54	55
40%	58	59	60	56	57	58
50%	61	61	63	59	60	60
60%	62	64	66	61	63	63
70%	65	66	68	63	6	66
80%	68	70	70	66	67	69
90%	72	73	76	70	72	73
100%	84	83	86	98	86	90

Pomer extenzorov kolena medzi preferovanou a nepreferovanou nohou nám udáva pomer Q/Q (obr. 7). Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerné hodnoty sa nachádzajú na hladine $8.48 \pm 6.84\%$, kde maximálne hodnoty sa vyšplhali až na 46% asymetriu medzi dominantnou a nedominantnou nohou. U uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerné hodnoty sú nižšie ($7.03 \pm 6.04\%$) v porovnaní s nižšou uhlovou rýchlosťou. Pri najvyššej meranej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerná hladina Q/Q pomeru je $7.54 \pm 5.98\%$.



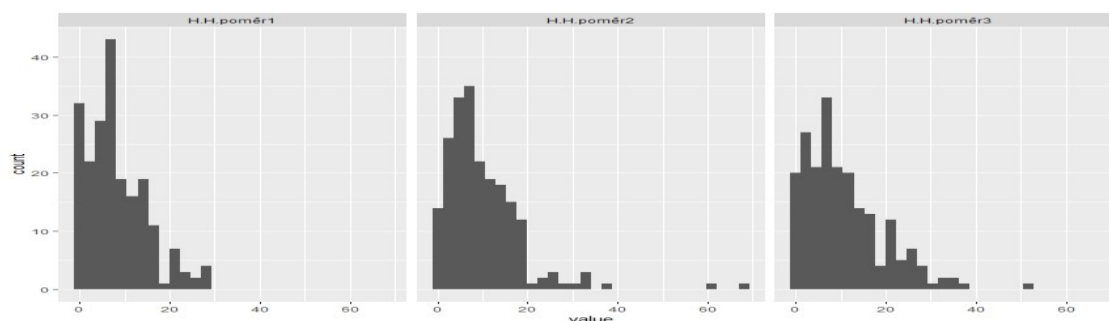
Obrázok 7 - Q/Q normy v 3 uhlových rýchlostiach

Podiel hráčov pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$, ktorí sa nachádzali pred sezónou pri bilaterálnych asymetriách extenzorov kolena nad hranicou 10% je 25.96%. Podiel celkovo nekontaktne poranených hráčov v sezóne bol 17.31% z čoho 14.81% sa nachádzalo pri bilaterálnych pomeroch nad kritickou hladinou a 18.18% bolo na hladine 10% (obr. 8).



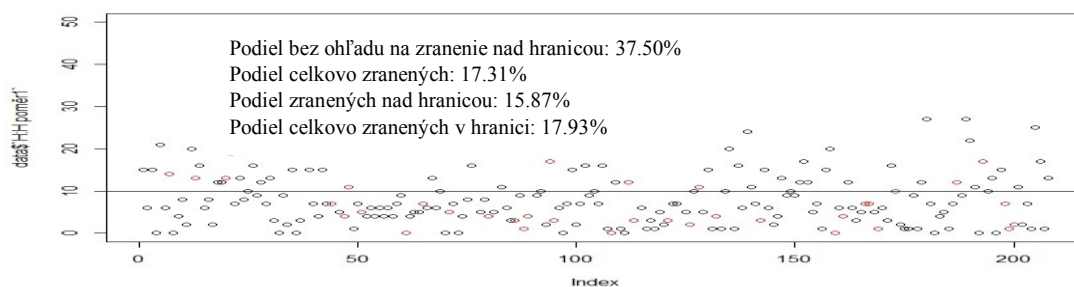
Obrázok 8 - Vzťah Q/Q pomeru a zranenia - limit 10 percentil - $60^{\circ} \cdot s^{-1}$

Pomery medzi flexormi kolena pri troch rôznych uhlových rýchlostiach hodnotí obrázok č. 9. So zvyšujúcou sa uhlovou rýchlosťou sa zvyšuje aj H/H pomer. Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ (H/H pomer 1) bola priemerná bilaterálna asymetria $8.17 \pm 6.46\%$, pri vyššej uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ (H/H pomer 2) sa hodnoty pohybujú na $9.97 \pm 8.77\%$ a pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú nerovnováhy väčšie ako 10% ($10.64 \pm 8.73\%$).



Obrázok 9 - H/H normy pri 3 uhlových rýchlostiach

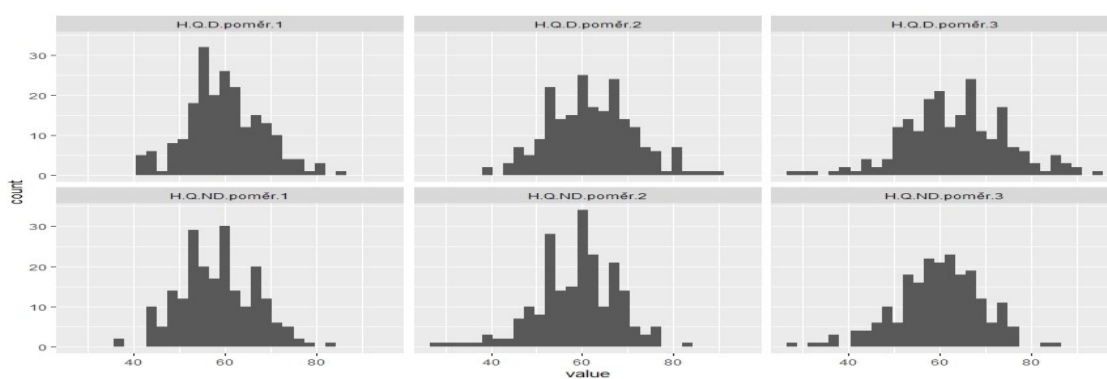
Podiel hráčov bez ohľadu na zranenie, u ktorých sa pred sezónnou objavili silové asymetrie u flexorov kolena pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ je 37.50%. Podiel zranených hráčov v hranici 10% je 15.87% a nad hranicou 17.93% (obr. 10).



Obrázok 10 - Vzťah H/H pomeru a zranenia - limit 10 percentil - $60^{\circ} \cdot s^{-1}$

4.3 Kategória U19

V kategórii U19 bolo skúmaných 193 probandov (telesná výška = 179.8 ± 6.3 cm, telesná hmotnosť = 72.4 ± 7.1 kg). Priemerné hodnoty pri dominantnej končatine a pri uhlovej rýchlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$ boli $59.88 \pm 8.39\%$ (H.Q.D pomer 1). Pri vyššej uhlovej rýchlosti sa hodnoty zvyšovali a to na $62.10 \pm 9.36\%$ (H.Q.D pomer 2 – uhlová rýchlosť $180^\circ \cdot s^{-1}$) a $63.39 \pm 11.38\%$ (H.Q.D pomer 3 – uhlová rýchlosť $300^\circ \cdot s^{-1}$). U nedominantnej nohy boli priemerné hodnoty vo všetkých uhlových rýchlostiach pod hranicou 60%, pričom so zvyšujúcou sa uhlovou rýchlosťou pozorujeme efekt mierneho zvyšovania H/Q pomeru. Pri najnižšej meranej rýchlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$ boli priemerné H/Q pomery $58.34 \pm 8.27\%$ (H.Q.ND pomer 1), pri uhlovej rýchlosti $180^\circ \cdot s^{-1}$ sa hodnoty zvýšili na $58.74 \pm 8.99\%$ (H.Q.ND pomer 2) a pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^\circ \cdot s^{-1}$ sa priemerné hodnoty priblížili hladine 60% (H.Q.ND pomer 3 = $59.50 \pm 10.11\%$) (obr. 11).



Obrázok 11 - H/Q pomery u dominantnej a nedominantnej nohy pri 3 uhlových rýchlostiach u kategórie U19

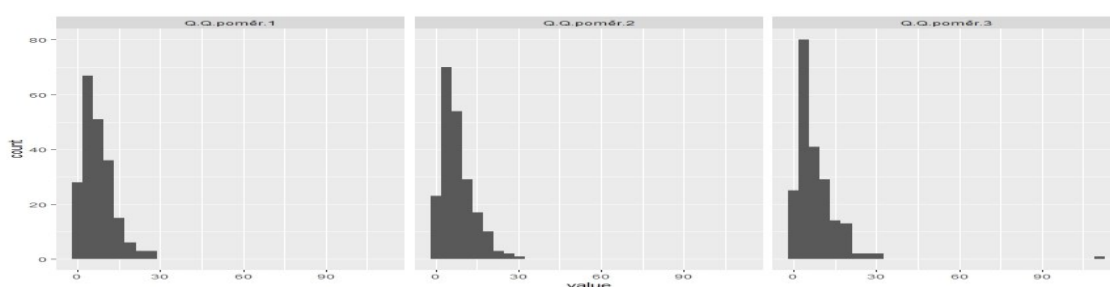
Tabuľka č. 4 nám popisuje percentilové rozloženie H/Q pomeru u kategórie U19 vo všetkých 3 uhlových rýchlostiach ($1 = 60^\circ \cdot s^{-1}$, $2 = 180^\circ \cdot s^{-1}$, $3 = 300^\circ \cdot s^{-1}$) a to ako u dominantnej (D) tak aj u nedominantnej dolnej končatiny (ND). Tabuľka číslo 18 vyjadruje kvantilové rozloženie pomeru medzi flexormi a extenzormi kolena a to ako u preferovanej tak aj u nepreferovanej dolnej končatiny.

Tabuľka 4 - Percentily H/Q pomeru u kategórie U19

	H.Q.D.1	H.Q.D.2	H.Q.D.3	H.Q.ND.1	H.Q.ND.2	H.Q.ND.3
0%	41	40	27	36	27	7
10%	50	50	50	48	48	47
20%	54	54	54	51	52	52
30%	55	57	57	54	54	56
40%	57	60	60	55	57	58
50%	59	62	63	58	59	60
60%	62	64	66	60	61	62
70%	63	67	69	62	63	65

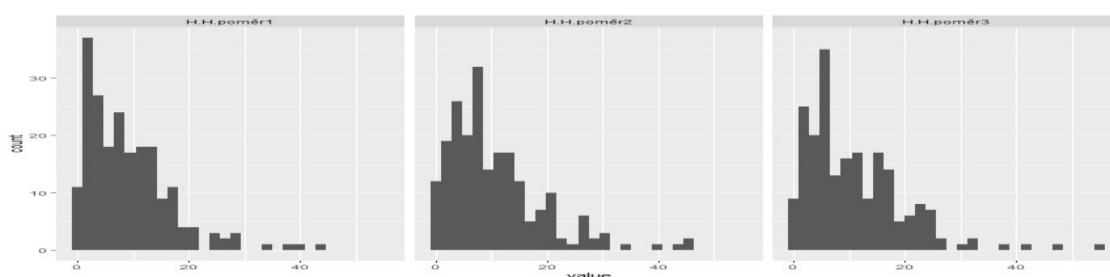
80%	66	70	73	66	67	67
90%	71	74	77	69	69	71
100%	86	91	94	83	84	86

Normy medzi extenzormi kolena u hráčskej kategórie U19 hodnotí obrázok č. 12. Svalové asymetrie pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú u hráčov $7.24 \pm 5.48\%$, pričom približne štvrtina hráčov má dysbalancie vyššie ako 10%, čo pozorujeme vo všetkých 3 meraných uhlových rýchlostiach. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerné hodnoty dysbalancií boli $7.66 \pm 5.94\%$ a pri a najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerné bilaterálne hodnoty medzi preferovaným a nepreferovaným extenzorom kolena stúpili na $7.90 \pm 9.37\%$.



Obrázok 12 - Normy Q/Q pomeru u kategórie U19

Silovú rovnováhu medzi flexormi kolena vyjadruje H/H pomer. Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerné hodnoty H/H pomeru boli $8.99 \pm 8.39\%$. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa bilaterálny pomer medzi hamstringami u dominantnej a nedominantnej dolnej končatiny zvýšil na $10.66 \pm 9.36\%$ a pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ na $10.86 \pm 11.38\%$ (obr. 13).

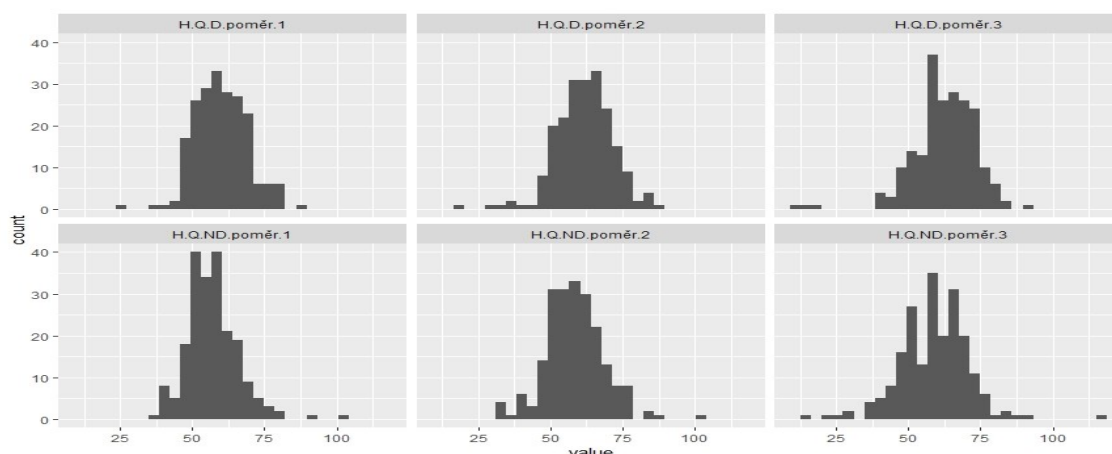


Obrázok 13 - Normy H/H pomeru u kategórie U19

4.4 Kategória U18

Veková kategória U18 ($n=194$, telesná výška = $179,02 \pm 6,82$ cm, telesná hmotnosť = $70,86 \pm 7,85$ kg) priemerné hodnoty H/Q pomeru pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ u dominantnej dolnej končatiny mala $59.85 \pm 9.87\%$ a u nedominantnej končatiny $56.87 \pm 9.43\%$. Pri vyššej

uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ stúpol aj percentuálny podiel pomeru medzi flexormi a extenzormi kolena a to ako u preferovanej ($61.57 \pm 10.47\%$), tak aj u nepreferovanej nohy ($58.52 \pm 9.83\%$). Hladiny H/Q pomeru očakávané ako aj u iných vekových kategóriách boli najvyššie pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$, u dominantnej dolnej končatiny hráči dosiahli priemernej hladiny $62.19 \pm 11.70\%$ a u nedominantnej $58.77 \pm 12.64\%$ (obr. 14).



Obrázok 14 - Normy H/Q pomeru v 3 uhlových rýchlostiach u kategórie U18

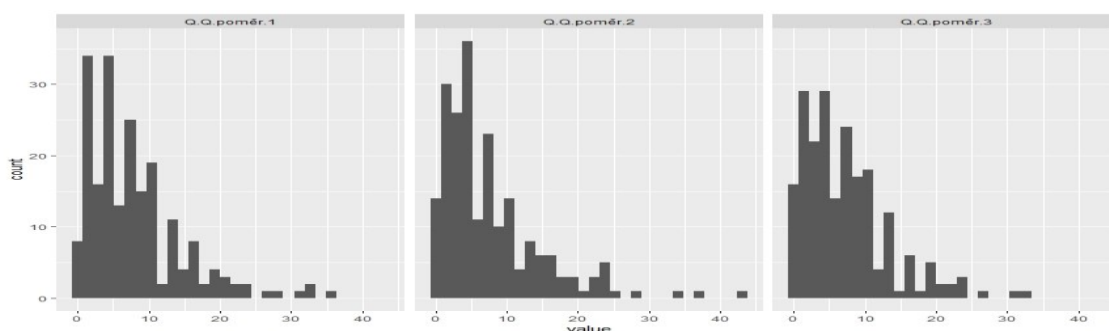
Percentilové (tab. 23) a kvantilové (tab. 24) rozloženie H/Q pomeru u kategórie U18 je veľmi rôznorodé. Vidíme veľmi nízke minimálne hodnoty a to vo všetkých meraných rýchlostiach, čo môže byť spôsobené nedostatočnou skúsenosťou hráčov s atypickým izokinetickým pohybom pri testovaní. Na druhej strane u maximálnych hodnôt vidíme, že niektorí hráči vykazujú vyššiu silu flexorov kolena ako extenzorov, čo môže byť opäť spôsobené menšou skúsenosťou hráčov v porovnaní so staršími vekovými kategóriami.

Tabuľka 5 - Percentilové rozloženie H/Q pomeru - U18

	H.Q.D.1	H.Q.D.2	H.Q.D.3	H.Q.ND.1	H.Q.ND.2	H.Q.ND.3
0%	0	6	3	8	34	9
10%	49	51	50	47	47	45
20%	52	54	55	50	52	50
30%	55	57	58	53	54	53
40%	58	60	60	55	56	57
50%	60	62	63	56	58	59
60%	62	64	65	58	61	61
70%	65	67	69	60	62	66
80%	68	69	72	63	65	68
90%	71	74	74	67	71	72
100%	88	86	92	102	101	118

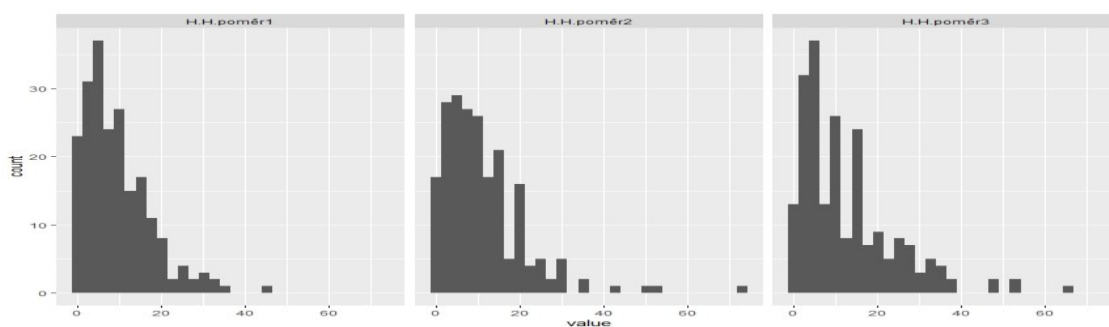
Bilaterálne pomery medzi extenzormi kolena v 3 rôznych meraných rýchlostiach popisuje obrázok 15. Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú priemerné hodnoty Q/Q pomeru $8.05 \pm 6.79\%$,

pričom tretina hráčov má dysbalanciu medzi quadricepsami väčšiu ako 11%. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú priemerné hodnoty bilaterálneho pomeru trochu nižšie ($7.63 \pm 7.07\%$) a pri najvyššej meranej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa priemerné hodnoty znížili na $7.34 \pm 6.20\%$, kde pozorujeme pri oboch rýchlostiach u viac ako tretiny hráčov asymetrie väčšie ako 10%.



Obrázok 15 - Q/Q pomery - U18

U flexorov kolena bilaterálne asymetrie pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ dosiahli priemerných hodnôt $9.42 \pm 7.85\%$. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa tieto hodnoty vyšplhali až na $11.11 \pm 9.89\%$. Dysbalancie medzi hamstringami dominantnej a nedominantnej nohy sa pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ dostali až na úroveň $12.61 \pm 11.38\%$ (obr. 16).

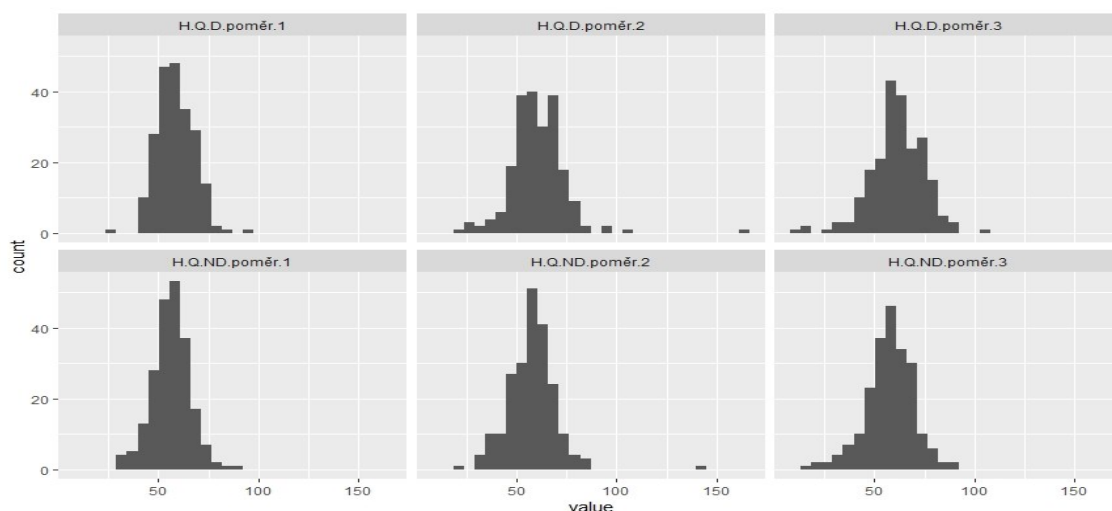


Obrázok 16 - H/H pomery v 3 uhlových rýchlostiach - U18

4.5 Kategória U17

U futbalistov vekovej kategórie U17 bolo testovaných 203 probandov (telesná výška = 176.9 ± 6.7 cm, telesná hmotnosť = 67.6 ± 7.9 kg). Pomery medzi flexormi a extenzormi kolena u preferovanej a nepreferovanej dolnej končatiny boli testované v 3 uhlových rýchlostiach (obr. 17). Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa priemerný H/Q pomer u dominantnej nohy pohyboval na úrovni $58.30 \pm 9.02\%$ a u nedominantnej dolnej končatiny $56.10 \pm 9.28\%$. Pri vyššej uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšil aj pomer medzi quadricepsami a hamstringami a to ako u preferovanej ($60.50 \pm 13.90\%$) tak aj u nepreferovanej nohy ($57.57 \pm 12.24\%$). Pri uhlovej

rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšil pomer na dominantnej dolnej končatine ($61.28 \pm 13.40\%$), ale na nedominantnej nohe mierne hladina H/Q pomeru klesla ($57.34 \pm 11.89\%$).



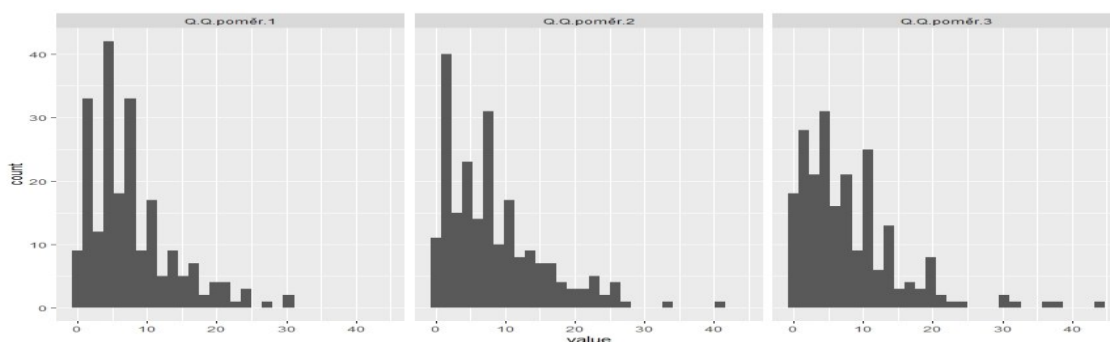
Obrázok 1 - Normy H/Q pomeru U17

Percentilové (tab. 6) a kvantilové (tab. 32) rozloženie H/Q pomeru poukazuje na veľkú variabilitu výsledkov a to ako u dominantnej (H.Q.D) tak aj u nedominantnej (H.Q.ND) dolnej končatiny a to vo všetkých 3 uhlových rýchlostiach. Vidíme u maximálnych hodnôt vyvinutie väčšej sily u flexorov kolena oproti extenzorom a na druhej strane u minimálnych hodnôt pozorujeme len minimálne zapojenie flexorov kolena do pohybu.

Tabuľka 6 - Percentilové rozloženie H/Q pomeru - U17

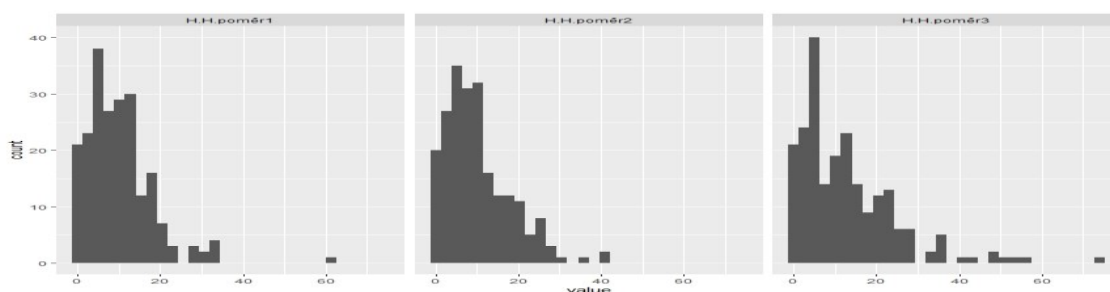
	H.Q.D.1	H.Q.D.2	H.Q.D.3	H.Q.ND.1	H.Q.ND.2	H.Q.ND.3
0%	28	19	12	30	20	17
10%	48	46	46	45	43	43
20%	51	52	51	49	48	48
30%	53	54	56	52	53	53
40%	56	57	59	54	56	56
50%	58	60	62	56	58	58
60%	60	63	64	59	60	60
70%	63	67	68	61	63	63
80%	66	70	73	63	65	66
90%	70	73	77	67	71	71
100%	94	165	105	89	144	91

Priemerné asymetrie medzi quadricepsami dominantnej a nedominantnej nohy pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú $7.64 \pm 6.08\%$, pričom maximálne hodnoty sa pohybujú na úrovni 31%. Pri vyššej uhlovej rýchlosti sa zvýšili aj priemerné hodnoty bilaterálnych dysbalancií na hodnoty $8.30 \pm 7.13\%$. Pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa hladina Q/Q pomeru znížila oproti uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ na $7.86 \pm 7.22\%$ (obr. 18).



Obrázok 18 - Q/Q pomery v 3 uhlových rýchlostiach - U17

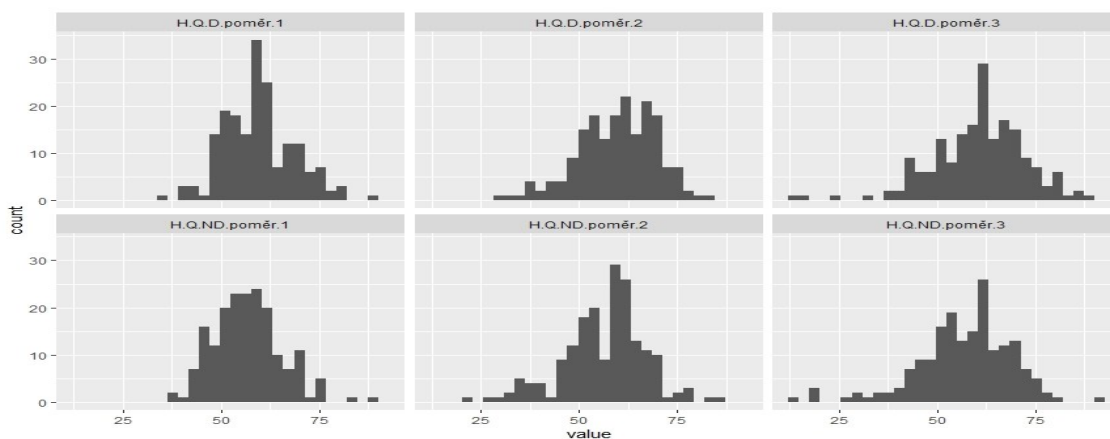
Pomery medzi hamstringami preferovanej a nepreferovanej nohy v 3 rôznych meraných uhlových rýchlostiach vyjadruje obrázok č. 19. Priemerná hladina asymetrií flexorov kolena pri uhlovej rýchlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$ je $10.08 \pm 7.91\%$ a pri uhlovej rýchlosti $180^\circ \cdot s^{-1}$ $10.05 \pm 7.98\%$. Pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^\circ \cdot s^{-1}$ sa hladina silového pomeru medzi flexormi kolena zvýšili až na priemerný pomer $12.71 \pm 11.78\%$.



Obrázok 2 - H/H pomery v 3 uhlových rýchlostiach - U17

4.6 Kategória U16

V hráčskej kategórii U16 bolo skúmaných 189 probandov (telesná výška = 176.4 ± 6.5 cm, telesná hmotnosť = 65.8 ± 7.9 kg), všetci hráči sú pravidelne trénovaní a odohrali v sezónne určitý minimálny počet zápasov. Pri uhlovej rýchlosti $60^\circ \cdot s^{-1}$ u preferovanej končatiny pomer medzi flexorom a extenzorom kolena je $59.01 \pm 10.59\%$ a u nepreferovanej dolnej končatiny H/Q pomer dosahuje hladiny $56.91 \pm 8.51\%$. Pri vyššej uhlovej rýchlosti $180^\circ \cdot s^{-1}$ vzrástla hladina H/Q pomeru u dominantnej ($59.52 \pm 10.67\%$), ale klesla u nedominantnej dolnej končatiny ($56.53 \pm 10.47\%$). Pri najvyššej meranej uhlovej rýchlosti $300^\circ \cdot s^{-1}$ sa nám opäť zvýšil pomer medzi flexorom a extenzorom kolena na preferovanej nohe ($60.27 \pm 12.68\%$) ale na druhej strane znovu nám klesla hladina H/Q pomeru na dolnej končatine nepreferovanej ($56.20 \pm 13.50\%$) (obr. 20).



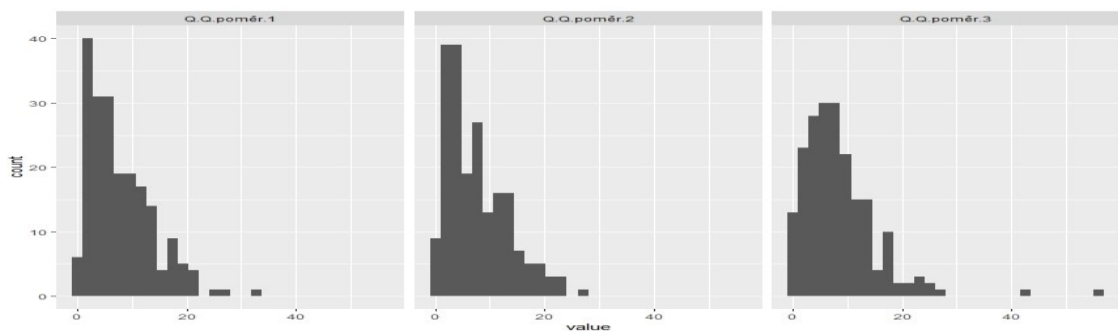
Obrázok 20 - Normy H/Q pomeru - U16

Tabuľka č. 38 popisuje percentilové rozloženie H/Q pomeru u preferovanej aj nepreferovanej dolnej končatiny vo všetkých 3 meraných rýchlostiach. Keď sa pozrieme na inter-individuálne charakteristiky, tak môžeme vidieť výrazne výchylky v jednotlivých výkonoch hráčov. Kvantilové rozloženie pomeru medzi flexormi a extenzormi kolena hodnotí tabuľka č. 7.

Tabuľka 7 - Percentilové rozloženie H/Q pomeru

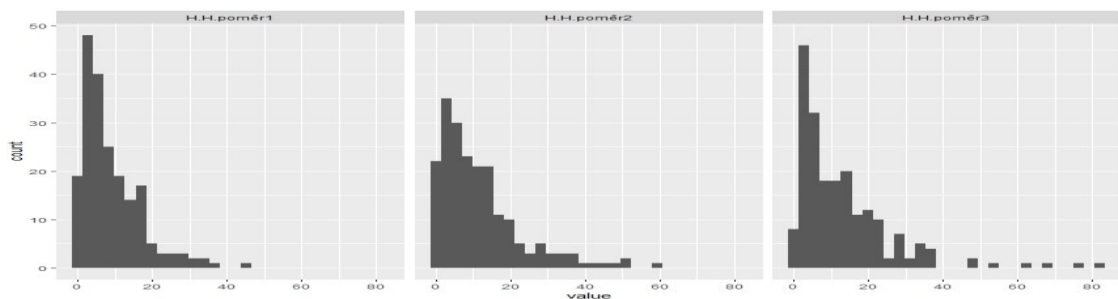
	H.Q.D.1	H.Q.D.2	H.Q.D.3	H.Q.ND.1	H.Q.ND.2	H.Q.ND.3
0%	0	0	0	38	21	0
10%	49	48	45	47	44	43
20%	52	52	52	49	48	48
30%	54	55	56	52	52	52
40%	57	58	59	55	55	55
50%	59	61	62	56	58	58
60%	61	63	64	58	60	61
70%	63	66	67	61	62	63
80%	67	68	69	63	64	67
90%	72	71	74	69	68	71
100%	89	83	89	89	86	91

Bilaterálny pomer medzi extenzormi kolena u mladých futbalových hráčov kategórie U16 (obr. 20) sa pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ pohybuje na úrovni $7.59 \pm 5.99\%$. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ klesla aj hladina pomeru quadricepsov medzi preferovanou a nepreferovanou dolnou končatinou ($7.33 \pm 5.89\%$). Hladina Q/Q sa zvýšila pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ nad úroveň 8% ($8.31 \pm 7.15\%$).



Obrázok 20 - Q/Q pomery v 3 uhlových rýchlostiach - U16

Pomer medzi hamstringami dominantnej a nedominantnej dolnej končatiny pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa pohybuje na hladine $9.18 \pm 7.83\%$. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa priemerné bilaterálne asymetrie flexorov kolena zvýšili na úroveň $11.77 \pm 11.04\%$. Pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ pozorujeme vysoké maximálne hodnoty H/H pomeru a tak isto aj vysoké priemerné hladiny, ktoré sa vyšplhali na $13.20 \pm 13.26\%$ (obr. 21).



Obrázok 21 - H/H pomery pri 3 uhlových rýchlostiach - U16

5 DISKUSIA

Porovnávanie bilaterálnych a unilaterálnych svalových silových parametrov je dôležité, pretože to môže poukázať na asymetrie, ktoré môžu byť zodpovedné za riziko poranení u profesionálnych hráčov futbalu ako aj u hráčov hrajúcich na výkonnostnej úrovni (Blache & Monteil, 2012; Ekstrand, Hägglund & Waldén, 2011). Pozičný špecifický tréning umožňuje lepšie porozumenie svalovej sily u hráča futbalu. Izokinetické merania sú doporučené pred sezónou ako ideálny čas v detegovaní silových dysbalancií a tréningu k redukcii rizika zranení (Croisier et al., 2008; Lehnert et al., 2011). Naši testovaní futbaloví hráči mužskej seniorskej kategórie dosiahli pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerný H/Q pomer u dominantnej dolnej končatiny $61.26 \pm 9.55\%$ a u nedominantnej dolnej končatiny tieto hodnoty boli o trochu nižšie $58.25 \pm 9.54\%$. So zvyšujúcou sa uhlovou rýchlosťou na $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvyšuje aj pomer medzi flexormi a extenzormi kolena a to ako u preferovanej ($62.68 \pm 11.53\%$) tak aj u nepreferovanej dolnej končatiny ($59.12 \pm 10.42\%$). Pri najvyššej meranej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšil H/Q pomer u dominantnej dolnej končatiny na $63.66 \pm 12.25\%$ a u nepreferovanej sa hranica priblížila ku 60% ($59.96 \pm 10.42\%$) (obr. 4).

Pri juniorskej kategórii pozorujeme nižšie H/Q pomery u preferovanej končatiny v porovnaní so seniorskou kategóriou, avšak na druhej strane hráči majú vyššie priemerné pomery medzi prednými a zdanými stehennými svalmi na nepreferovanej dolnej končatine a to vo všetkých meraných uhlových rýchlostiach. Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ juniori mali priemerné H/Q pomery u dominantnej dolnej končatiny $60.33 \pm 9.07\%$ a u nedominantnej $59.62 \pm 10.86\%$. Hladina H/Q pomeru pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ u preferovanej dolnej končatiny je $61.68 \pm 9.09\%$ a u nepreferovanej $59.62 \pm 10.86\%$. Pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšil konvenčný pomer úrovne medzi flexormi a extenzormi kolena u dominantnej ($62.68 \pm 9.38\%$) aj nedominantnej ($60.32 \pm 10.24\%$) dolnej končatiny (obr. 39).

V kategórii U19 priemerné H/Q hodnoty u preferovanej nohy pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ boli $59.88 \pm 8.39\%$, pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa hladina pomeru zvýšila na $62.10 \pm 9.36\%$ a pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšil H/Q pomer až na úroveň $63.39 \pm 11.38\%$. U nepreferovanej dolnej končatiny boli pomery medzi hamstrigami a quadricepsami nižšie v porovnaní s končatinou dominantnou. Pri najnižšej meranej uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú priemerné hodnoty H/Q pomeru $58.34 \pm 8.27\%$, pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa hodnoty zvýšili na $58.74 \pm 8.99\%$ a pri najvyššej uhlovej rýchlosti sa priemerné hodnoty priblížili hladine 60% ($59.50 \pm 10.11\%$) (obr. 75).

Veková kategória U18 mala priemerné hodnoty H/Q pomeru pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ u dominantnej dolnej končatiny $59.85 \pm 9.87\%$ a u nedominantnej končatiny $56.87 \pm 9.43\%$. Pri vyššej uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ stúpol aj percentuálny podiel pomeru medzi flexormi a extenzormi kolena a to ako u preferovanej ($61.57 \pm 10.47\%$), tak aj u nepreferovanej nohy ($58.52 \pm 9.83\%$). Hladiny H/Q pomeru očakávané ako aj u iných vekových kategóriách boli najvyššie pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ a to u dominantnej dolnej končatiny hráči dosiahli priemernej hladiny $62.19 \pm 11.70\%$ a u nedominantnej $58.77 \pm 12.64\%$ (obr. 99).

U futbalistov vekovej kategórie U17 sa pomer medzi flexormi a extenzormi kolena pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ u dominantnej nohy pohyboval na úrovni $58.30 \pm 9.02\%$ a u nedominantnej dolnej končatiny $56.10 \pm 9.28\%$. Pri vyššej uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšil aj pomer medzi quadricepsami a hmastringami a to ako u preferovanej ($60.50 \pm 13.90\%$) tak aj u nepreferovanej nohy ($57.57 \pm 12.24\%$). Pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšil pomer na dominantnej dolnej končatine ($61.28 \pm 13.40\%$), ale na nedominantnej nohe mierne hladina H/Q pomeru klesla ($57.34 \pm 11.89\%$) (obr. 123).

V hráčskej kategórii U16 pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ u preferovanej končatiny pomer medzi flexorom a extenzorom kolena je $59.01 \pm 10.59\%$ a u nepreferovanej dolnej končatiny H/Q pomer dosahuje hladiny $56.91 \pm 8.51\%$. Pri vyššej uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ vzrástla hladina H/Q pomeru u dominantnej ($59.52 \pm 10.67\%$), ale klesla u nedominantnej dolnej končatiny ($56.53 \pm 10.47\%$). Pri najvyššej meranej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa nám opäť zvýšil pomer medzi flexorom a extenzorom kolena na preferovanej nohe ($60.27 \pm 12.68\%$) ale na druhej strane znovu nám klesla hladina H/Q pomeru na dolnej končatine nepreferovanej ($56.20 \pm 13.50\%$) (obr. 147).

Hra a tréning futbalu zrejme zvyšuje svalovú silu okolo kolenného kĺbu. Lehence et al. (2009) demonštrovali vyššie maximálne koncentrické hodnoty točivého momentu kĺbových ohybov flexorov a extenzorov kolena u dospelých hráčov v porovnaní s juniorskými futbalovými hráčmi. Vzhľadom na opakovanú povahu futbalových špecifických aktivít môže veľkosť zlepšenia svalovej sily napomáhať väčšiemu rozvoju svalov quadricepsov v porovnaní s hamstringami. Konvenčný H/Q pomer sa tradične používa na meranie nevyváženosti medzi prednou a zadnou stranou stehenných svalov, na predikciu rizika poranenia hamstringov a na vyhodnotenie účinnosti rôznych rehabilitačných a rekondičných programov (Coombs et al., 2002). Croiser et al. (2008) zistili, že u hráčov so silnou svalovou nerovnováhou bola 4 až 5 násobne vyššia pravdepodobnosť poranenia hamstringov v porovnaní s hráčmi bez výrazných silových asymetrií. Navyše stanovenie rovnováhy medzi agonistickými a antagonistickými svalovými skupinami významne znižuje riziko poranenia. Ďalej Lehence et al. (2009) zistili

väčšie percento svalovej nerovnováhy dolných končatín u mladších hráčov (< 17 rokov - 61%, < 21 rokov - 58%) ako dospelí hráči (50%), z čoho sa zdá že cielený tréningový proces znižuje svalovú nerovnováhu a následne aj riziko zranenia. Hladiny pomeru medzi flexormi a extenzormi kolena boli skúmané ako v domácich (Malý, Zahálka, Malá, Gryc & Hrásky, 2010), tak aj v zahraničných podmienkach (Lehance et al., 2009; Rahnama, Lees & Bambaecichi, 2005). Daneshjoo, Rahnama, Mokhtar & Yusof (2013) vo svojej štúdii skúmali bilaterálne a unilaterálne silové asymetrie u mladých profesionálnych hráčov futbalu. Maximálne točivé momenty vo všetkých uhlových rýchlostiach boli vyššie u nedominantnej nohy v porovnaní s dominantnou, avšak rozdiely neboli signifikantne relevantné. Boli dokázané signifikantné rozdiely medzi rôznymi uhlovými rýchlosťami u dynamických stabilizátorov kolenného kĺbu. Výsledky ukázali že vysoký pomer bol pri pomalých otáčkach ($60^{\circ} \cdot s^{-1}$) a nízky pri vyšších uhlových rýchlostiach ($300^{\circ} \cdot s^{-1}$) (Daneshjoo, 2013; Kofotolis & Kellis, 2007), pričom zvýšenie uhlovej rýchlosti malo významný vplyv na svalovú silu u oboch dolných končatín. Hillova krivka interpretujúca proporciu sily-rýchlosti nám naznačuje, že svalové vlákna komponujú menej kontrakcie, zatiaľ čo rýchlosť kontrakcie sa zvyšuje (Malý et al., 2010). Čas, ktorý je k dispozícii na kontakt medzi aktívnymi a myozínovými vláknami, klesá s rastúcou rýchlosťou sústredenej aktivity (model Huxley), čím sa obdobie v kontaktnej fáze znižuje v celkovom cykle. Križové mosty musia byť opätovne uvoľnené krátko po pripojení bez dostatočného času na výrobu energie, takže podiel kombinovaných mostov v svaľe klesá a vytvára nižšiu silu (Malý et al., 2010). Tlakové a transakčné sily na spoji sa menia s rýchlosťou. Pomalšie otáčky majú väčšiu kompresívnu silu ako rýchlejšie. Viac motorových jednotiek sa môže zapojiť pri nižších uhlových rýchlostiach ako pri vyšších rýchlostiach umožňujúcich väčšiu produkciu točivého momentu.

Q/Q pomer vyjadruje proporciu extenzorov kolena medzi dominantnou a nedominantnou dolnou končatinou. V seniorskej kategórii pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ je priemerná hodnota bilaterálnej relácie $7.84 \pm 6.31\%$, pričom pozorujeme veľké individuálne výchyľky. Niektorí hráči nemali žiadne dysbalancie medzi preferovanou a nepreferovanou dolnou končatinou a na druhej strane iní hráči vykazovali rozdiely až 35%. Podobné výsledky sa vyskytujú aj pri Q/Q pomere pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ kde priemerné hladiny sú $7.37 \pm 6.27\%$ a maximálna hodnota asymetrie medzi dominantnou a nedominantnou nohou je až 40%. Pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ je prostredná hodnota rozdielu medzi quadricepsami preferovanej a nepreferovanej dolnej končatiny $7.26 \pm 6.23\%$ (obr. 18). Podiel hráčov, ktorí sa nachádzajú nad hranicou 10% pri pred-sezónnych bilaterálnych dysbalanciách extenzorov kolena pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ je 22.41% (obr. 23), pričom rovnaký pomer hráčov nachádzajúcich sa

nad hladinou 10% pozorujeme aj pri vyššej uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ (obr. 23) a pri najvyššej meranej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa nám podiel hráčov jemne posunul na úroveň 22.82% (obr. 26). Pomer medzi flexormi kolena medzi preferovanou a nepreferovanou dolnou končatinou vyjadruje H/H pomer. Priemerné hodnoty pri všetkých uhlových rýchlostiach sú vyššie ako pri extenzoroch kolena u hráčov seniorskej kategórie (obr. 28). Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ je priemerná hladina $9.52 \pm 9.55\%$. Pri vyšších uhlových rýchlostiach dokonca priemerný bilaterálny pomer medzi hamstringami presahuje hranicu 10%, kde pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú priemerné hodnoty $10.57 \pm 11.52\%$ a pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ $10.36 \pm 9.21\%$. Percento hráčov, ktorí vykazujú predsezónne asymetrie vyššie ako 10% je pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ 36.51% (obr. 30), pričom pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa tento pomer vyšplhal až na hladinu 44.40% (obr. 33) s vyššou uhlovou rýchlosťou $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa podiel hráčov nad kritickou hranicou znížil na 41.08% (obr. 36).

V juniorskej kategórii pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerné hodnoty sa nachádzajú na hladine $8.48 \pm 6.84\%$ pri bilaterálnych asymetriách extenzorov kolena, kde maximálne hodnoty sa vyšplhali až na 46% asymetriu medzi dominantnou a nedominantnou nohou. U uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerné hodnoty sú nižšie ($7.03 \pm 6.04\%$) v porovnaní s nižšou uhlovou rýchlosťou. Pri najvyššej meranej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerná hladina Q/Q pomeru je $7.54 \pm 5.98\%$ (obr. 53). Podiel hráčov, ktorí sa nachádzajú pri pravo-l'avých asymetriách quadricepsov pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ je 25.96% (obr. 55), pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa percentuálny podiel hráčov znížil na 22.60% (obr. 58) a pri najvyššej meranej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa hladina hráčov s výraznými asymetriami zvýšila na 25% (obr. 61). So zvyšujúcou sa uhlovou rýchlosťou sa zvyšuje aj H/H pomer u hráčov juniorskej kategórie. Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ bola priemerná bilaterálna asymetria $8.17 \pm 6.46\%$, pri vyššej uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa hodnoty pohybujú na $9.97 \pm 8.77\%$ a pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú nerovnováhy väčšie ako 10% ($10.64 \pm 8.73\%$) (obr. 64). Podiel hráčov bez ohľadu na zranenie, u ktorých sa pred sezónnou objavili silové asymetrie u flexorov kolena pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ je 37.50%. Podiel zranených hráčov v hranici 10% je 15.87% a nad hranicou 17.93% (obr. 66). Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ vidíme, že až 44.79% hráčov vykazuje predsezónne bilaterálne dysbalancie hamstringov. 34.36% zranených hráčov, ktorí utrpeli v sezóne nekontaktné poranenie dolných končatín malo pre sezónou dysbalancie rovné alebo väčšie ako 10% (obr. 69). Pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ má viac ako polovica hráčov juniorskej kategórie asymetrie flexorov kolena (50.52%) (obr. 72). Len 33.62% so zranených hráčov malo nerovnováhy medzi hamstringami pred sezónnou rovné alebo vyššie ako 10%.

Svalové asymetrie pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú u hráčov kategórie U19 $7.24 \pm 5.48\%$, pričom približne štvrtina hráčov má dysbalancie vyššie ako 10%, čo pozorujeme vo všetkých 3 meraných uhlových rýchlostiach (obr. 83). Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerné hodnoty dysbalancií boli $7.66 \pm 5.94\%$ a pri a najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ priemerné bilaterálne hodnoty medzi preferovaným a nepreferovaným extenzorom kolena stúpili na $7.90 \pm 9.37\%$. Pomer hráčov nachádzajúcich sa nad hladinou 10% pri pred-sezónnych asymetriách extenzorov kolena pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ je 22.97% (obr. 85), pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa nerovnováha medzi pravým a ľavým quadricepsom zvýšila na 23.92% (obr. 87). Pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšil aj podiel hráčov, ktorí vykazovali asymetrie extenzorov kolena pred sezónou na 25.84% (obr. 89). Silová rovnováha medzi flexormi kolena pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ bola $8.99 \pm 8.39\%$. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa bilaterálny pomer medzi hamstringami u dominantnej a nedominantnej dolnej končatiny zvýšil na $10.66 \pm 9.36\%$ a pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ hladina H/H pomeru stúpila na $10.86 \pm 11.38\%$ (obr. 91). Percento hráčov, ktorí mali bilaterálne nerovnováhy u flexorov kolena pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$, sa vyšplhalo až na hladinu 41.97% u hráčskej kategórii U19 (obr. 93). 48.70% futbalistov sa nachádza nad kritickou hladinou 10% pri pred-sezónnych asymetriách u flexorov kolena pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ (obr. 95). Pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšilo aj percento hráčov, ktorí sa nachádzajú nad kritickou hladinou 51.81% a pred sezónou vykazovali značné svalové asymetrie flexorov kolena (obr. 97).

Bilaterálne pomery medzi extenzormi kolena u kategórii U18 pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ majú priemerné hodnoty $8.05 \pm 6.79\%$, pričom tretina hráčov má dysbalanciu medzi quadricepsami väčšiu ako 11%. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú priemerné hodnoty bilaterálneho pomeru trochu nižšie ($7.63 \pm 7.07\%$) a pri najvyššej meranej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa priemerné hodnoty znížili na $7.34 \pm 6.20\%$, kde pozorujeme pri oboch rýchlostiach u viac ako tretiny hráčov asymetrie väčšie ako 10%. Pomer medzi extenzormi kolena u dominantnej a nedominantnej dolnej končatiny u hráčov U18 pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ vidíme, že nad hranicou 10% sa nachádza 25.48% hráčov (obr. 109). Pri vyššej uhlovej rýchlosti pozorujeme celkové priemerné bilaterálne asymetrie u extenzorov kolena u menšom počte hráčov 23.08% (obr. 111). Obrázok 113 uvádza, že 21.63% hráčov sa nachádza nad hranicou 10% pri bilaterálnych asymetriách u extenzorov kolena pri najvyššej meranej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$, čo nám poukazuje na jav, že čím vyššia rýchlosť pohybu tým sú u hráčov zjavné menšie bilaterálne asymetrie u extenzorov kolena. U flexorov kolena u mladých hráčov futbalu kategórie U18 bilaterálne asymetrie pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ dosiahli priemerných hodnôt $9.42 \pm 7.85\%$. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa tieto hodnoty vyšplhali až na $11.11 \pm 9.89\%$.

Dysbalancie medzi hamstringami dominantnej a nedominantnej nohy sa pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ dostali až na úroveň $12.61 \pm 11.38\%$ (obr. 115). Nad hranicou 10% pri bilaterálnych asymetriách u flexorov kolena medzi preferovanou a nepreferovanou dolnou končatinou sa nachádza až 33.65% hráčov, hrajúcich v dorasteneckej kategórii U18 (obr. 117). So zvyšujúcou sa uhlovou rýchlosťou sa zvyšuje aj percento hráčov, ktorí majú bilaterálne asymetrie flexorov kolena väčšie ako 10% a to na číslo 42.79% (obr. 119). Percento hráčov, ktorí sa dostali nad hranicu 10% pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšilo až na 44.23% (obr. 121).

Priemerné asymetrie u vekovej kategórii U17 medzi quadricepsami dominantnej a nedominantnej nohy pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ sú $7.64 \pm 6.08\%$, pričom maximálne hodnoty sa pohybujú na úrovni 31%. Pri vyššej uhlovej rýchlosti sa zvýšili aj priemerné hodnoty bilaterálnych dysbalancií na hodnoty $8.30 \pm 7.13\%$. Pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa hladina Q/Q pomeru znížila oproti uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ na $7.86 \pm 7.22\%$ (obr. 131). Nad hranicou 10% sa nachádza 22.22% futbalistov pri bilaterálnych asymetriách extenzorov kolena pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ (obr. 133). Pomer medzi extenzormi kolena pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ poukazuje na vyššiu frekvenciu výrazných asymetrií u adolescentných hráčov kategórie U17, kde nad hranicou 10% sa nachádza 28.70% hráčov (obr. 135). Pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ nám klesol pomer hráčov nad hladinou 10% na 26.85%, avšak vidíme individuálne výchyľky niektorých hráčov až na hladine 40% (obr. 137). Pomery medzi hamstringami preferovanej a nepreferovanej nohy v 3 rôznych meraných uhlových rýchlostiach vyjadruje obrázok č. 139. Priemerná hladina asymetrií flexorov kolena pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ je $10.08 \pm 7.91\%$ a pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ $10.05 \pm 7.98\%$. Pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa hladina silového pomeru medzi flexormi kolena zvýšila až na úroveň $12.71 \pm 11.78\%$. Podiel hráčov, ktorí sa nachádzajú pri bilaterálnych asymetriách flexorov kolena nad hladinou 10% pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ je 38.89% (obr. 141). Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ nám klesol počet hráčov, ktorí majú asymetrie flexorov kolena väčšie ako 10% na hodnoty 36.57%, čo je aj napriek poklesu stále vysoké percentuálne zastúpenie mladých futbalových hráčov (obr. 143). Pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa nad hladinou 10% nachádza až 48.61% futbalových hráčov v kategórii U17, čo znamená že približne polovica hráčov má asymetrie flexorov kolena na nebezpečnej hranici (obr. 145).

Bilaterálny pomer medzi extenzormi kolena u mladých futbalových hráčov kategórie U16 (obr. 155) sa pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ pohybuje na úrovni $7.59 \pm 5.99\%$. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ klesla aj hladina pomeru quadricepsov medzi preferovanou a nepreferovanou dolnou končatinou ($7.33 \pm 5.89\%$). Hladina Q/Q sa zvýšila pri uhlovej

rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ nad úroveň 8% ($8.31 \pm 7.15\%$). Pomer mladých futbalových hráčov kategórie U16, ktorí sa nachádzajú pri bilaterálnych asymetriách u extenzorov kolena nad hranicou 10% je 27.72% (obr. 157). Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ máme rovnaké percento hráčov nad úrovňou 10% pri bilaterálnych dysbalanciách quadricepsov ako pri nižšej uhlovej rýchlosti (27.72%)(obr. 159). Pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa nám u hráčskej kategórii U16 vyskytuje jav, kedy sa percento hráčov pohybujúcich nad hladinou 10% pri bilaterálnych asymetriách extenzorov kolena pohybuje na hladine 27.72% (obr. 161), čo sa zhoduje s výsledkom pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ ako aj uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$. Pomer medzi hamstringami dominantnej a nedominantnej dolnej končatiny pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa pohybuje na hladine $9.18 \pm 7.83\%$. Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa priemerné bilaterálne asymetrie flexorov kolena zvýšili na úroveň $11.77 \pm 11.04\%$. Pri najvyššej uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ pozorujeme vysoké maximálne hodnoty H/H pomeru a tak isto aj vysoké priemerné hladiny, ktoré sa vyšplhali na $13.20 \pm 13.26\%$ (obr. 163). Pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa nad hladinou 10% pri bilaterálnych dysbalanciách u flexorov kolena pohybuje až 32.18% mladých hráčov kategórie U16 (obr. 165). Pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa zvýšilo percento hráčov, ktorí prekročili hranicu 10% pri bilaterálnych dysbalanciách hamstringov dominantnej a nedominantnej dolnej končatiny až na 41.09% (obr. 167). Nad úrovňou 10% bilaterálneho pomeru medzi hamstringami pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ sa nachádza takmer polovica hráčov kategórie U16 (45.05%) (obr. 169).

Tourny-Chollet et al. (2000) vo svojej štúdii došli k záverom, že flexory kolena na dominantnej nohe majú tendenciu byť silnejšie než flexory na nohe nedominantnej. Výsledky doterajších výskumov ukazujú že väčšina hráčov vykazuje abnormálne silové deficity (viac ako 10%) vo všetkých uhlových rýchlostiach (Rahnama et al., 2005; Daneshjoo, 2013). Silový deficit je definovaný ako rozdiel medzi svalovou silou opozitných končatín, pričom ak je tento silový pomer väčší ako 10%, zvyšuje sa riziko poranenia kolena (Fousekis et al., 2010; Brito et al., 2010). V športoch s asymetrickými kinetickými vzormi ako je futbal sa kladie väčší dôraz na jednu strany nohy (Schiltz et al., 2009). Podľa Iga et al. (2009) futbaloví hráči takmer nikdy nepoužívajú obe nohy s rovnakým dôrazom, pričom táto preferencia súvisí s hemisferickou dominanciou mozgu na opačnej strane, čo môže byť možnou príčinou abnormálneho deficitu u profesionálnych futbalových hráčov. U profesionálnych hráčov pozorujeme vyššiu svalovú silu extenzorov kolena v porovnaní s hráčmi na nižšej výkonnostnej úrovni. (Gil et al., 2010). Bonetti (2017) vo svojej štúdii nenašiel žiaden signifikantný rozdiel medzi dominantnou a nedominantnou nohou u extenzorov kolena v muskulatúre u žiadnej meranej uhlovej rýchlosti. Tieto výsledky sú v súlade so štúdiou

Rahnama et al. (2005), kde autori nenašli žiadne signifikantné rozdiely medzi preferovanou a nepreferovanou dolnou končatinou u extenzorov kolena pri troch rôznych uhlových rýchlostiach (60 , 120 , 300 $^{\circ} \cdot s^{-1}$) medzi elitnými futbalovými hráčmi. Brito et al. (2010) skúmali izokinetický silový pomer kolena u sub-elitných hráčov futbalu a ich výsledky ukázali, že pomery na nedominantnej nohe vykazovali vyššie hladiny ako pomery na nohe dominantnej a to predovšetkým u flexorov kolena. Ďalšie štúdie sa zhodujú na podobných záveroch. V analýze mladých futbalových hráčov taktiež neboli dokázané žiadne zmysluplné korelácie pri silových asymetriách u extenzorov kolena (Lehnert et al., 2011; Silva et al., 2015; Forbes et al., 2009). Tieto výsledky potvrdzujú aj ďalšie výskumy u profesionálnych hráčov (Teixeira et al., 2015; Zabka, Valente & Pacheco, 2011; Zakas, 2006; Daneshjoo et al., 2013; Rahnama, Lees & Bambaecichi, 2005; Fonseca et al., 2007; Eniseler et al., 2012). Na druhej strane u flexorov kolena sa našli výrazné rozdiely v dysbalancii (Bonetti, 2017). Fousekis, Tsepis & Vagenas (2010) objavili signifikantné rozdiely medzi dolnými končatinami u flexorov kolena práve pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ a $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ zatiaľ čo Fonesca et al. (2007) reportovali signifikantné rozdiely pri $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ a $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ uhlovej rýchlosti. Rahnama, Lees & Bambaecichi (2005) objavili vo svojej štúdii bilaterálne asymetrie u flexorov kolena pri uhlovej rýchlosti $120^{\circ} \cdot s^{-1}$, kým Teixeira et al. (2015) prezentovali rozdiely v rýchlostiach $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ a $180^{\circ} \cdot s^{-1}$. Niektoré štúdie tieto rozdiely nepotvrdzujú pri uhlovej rýchlosti $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ (Daneshjoo et al., 2013; Dervišević & Hadžić, 2012; Zakas, 2006; Zabka, Valente & Pacheco, 2011; Eniseler et al., 2012), $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ (Daneshjoo et al., 2013; Dervišević & Hadžić, 2012; Zakas, 2006; Silva et al., 2015) a $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ (Daneshjoo et al., 2013; Zakas, 2006; Eniseler et al., 2012).

6 ZÁVERY VÝSKUMU A ORIENTÁCIA VÝSKUMU

Hlavným cieľom dizertačnej práce bolo stanovenie noriem silového pomeru medzi flexormi a extenzormi kolena (H/Q) pre mládežnícke futbalové kategórie U16, U17, U18, U19, juniorskú kategóriu a hráčov seniorskej kategórie Českej republiky a na základe preskriptívneho typu štúdie predikovať kritickú hladinu asymetrií dynamických stabilizátorov kolenného kĺbu u futbalistov.

V hypotéze č. 1 sme predpokladali, že so zvyšujúcou sa uhlovou rýchlosťou sa bude zvyšovať aj H/Q pomer. U mládežníckych kategóriách sme podmieňovali, že priemerná hladina pomeru medzi flexormi a extenzormi kolena bude u mládežníckych kategóriách minimálne 50% v seniorskej 60%. V seniorskej kategórii sme túto hypotézu potvrdili len u dolnej končatiny dominantnej, kde vo všetkých uhlových rýchlostiach sa priemerné hodnoty dostali nad úroveň 60%, u nepreferovanej dolnej končatiny sa so zvyšujúcou uhlovou rýchlosťou zvyšovala aj úroveň H/Q pomeru, avšak priemerné hodnoty sa vyšplhali len tesne pod hladinu 60%. U hráčov juniorky potvrdzujeme hypotézu, pričom u preferovanej dolnej končatiny sa dostali až na priemernú hodnotu H/Q pomeru cez 60% v 3 meraných uhlových rýchlostiach a túto hladinu prekročili aj u nedominantnej dolnej končatiny pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$. V dorasteneckých kategóriách U19 a U18 sme hypotézu potvrdili, u kategórie U17 pri uhlovej rýchlosti $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ nám H/Q pomer klesol pod hladinu pomeru pri uhlovej rýchlosti $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ a pri vekovej kategórii U16 pozorujeme klesajúci efekt hladiny pomeru medzi flexormi a extenzormi kolena u nepreferovanej dolnej končatiny, čím sme túto hypotézu vyvrátili.

V hypotéze č. 2 sme predpokladali, že hráči s výrazne podpriemernou ($< \bar{x} - 1,5$ s) a podpriemernou úrovňou ($\geq \bar{x} - 1,5$ s až $< \bar{x} - 0,5$ s) silového pomeru H/Q budú v sezóne viac zranení ako hráči s priemernou a vyššou hladinou silového pomeru ($\geq \bar{x} - 0,5$ s). V našom výskume sme u zranených hráčov pozorovali vyššie H/Q pomery v porovnaní s hráčmi nezranenými a to u rôznych typoch zraneniach, čo môže mať za dôsledok nízka úroveň sily extenzorov kolena alebo vysoká aktivácia svalov zadnej strany stehien. Nenašli sme mieru závislosti veľkosti H/Q pomeru a zranením v priebehu sezóny, čím sme túto hypotézu vyvrátili.

V hypotéze č. 3 sme predpokladali, že u hráčov budeme pozorovať väčšie bilaterálne asymetrie u flexorov kolena v porovnaní s extenzormi kolena vo všetkých vekových kategóriách. Vo všetkých vekových kategóriách a pri všetkých meraných uhlových rýchlostiach $60^{\circ} \cdot s^{-1}$, $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ a $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ pozorujeme vyššie miery bilaterálnych asymetrií

u flexorov kolena v porovnaní s extenzormi kolena, čím hypotéza bola potvrdená. Priemerné percento hráčov, ktorí vykazujú bilaterálne asymetrie hamstringov je až na úrovni 40% u niektorých kategórií je viac ako polovica hráčov s predsezónnymi dysbalanciami hamstringov. U extenzorov kolena sa táto hladina pohybuje okolo 25%.

U hráčov s vyššou mierou bilaterálnej asymetrie ($\geq 10\%$) v predsezónnom testovaní sme predkladali v hypotéze č. 4 väčšie percento zranení v sezóne v porovnaní s hráčmi s vyrovnanou bilaterálnu rovnováhou a to ako u flexorov tak aj u extenzorov kolena. Túto hypotézu sme potvrdili v seniorskej kategórii, kde v priemere okolo 70% zranených hráčov mali pravo-lavé dysbalancie väčšie alebo rovné 10% a to ako u flexorov tak aj u extenzorov kolena vo všetkých troch meraných uhlových rýchlostiach. V juniorskej kategórii sa nám táto hypotéza vyvrátila keď zranení hráči sa nachádzali nad kritickou hladinou približne z 30%, čo mohlo byť spôsobené nedostatočne veľkým počtom nekontaktne zranených hráčov v juniorskej kategórii.

Na základe poznatkov tejto štúdií sme došli k záverom, že unilaterálny vzťah medzi flexorom a extenzorom kolena nesúvisí priamo s nekontaktným poranením hráčov, na druhej strane sa zdá, že práve bilaterálne asymetrie sú jednou z možných príčin nekontaktných zranení v priebehu sezóny u futbalových hráčov. Vo všetkých vekových kategóriách pozorujeme vysoké percento hráčov s nerovnovahami medzi dominantnou a nedominantnou dolnou končatinou, pričom viac hráčov vykazuje dysbalancie práve u flexorov kolena čo môže mať príčinu na poranenia dolných končatiny prevažne ruptúry ACL a ďalších častí kolena. Orientáciu ďalších výskumov na túto tému by sme odporúčali rozšírením možných modifikovateľných prediktorov poranenia ako je napríklad skrátené optimum svalovej dĺžky, svalová flexibilita u hráčov, nerovnováhy v oblasti bedier alebo nemodifikovateľných ako sú napríklad typy svalových vlákien. Ďalej sa ponúka možnosť orientovať výskum len na určitý druh poranenia (napr. ACL alebo poranenie hamstringov) a jeho vzťahu ku dysblanciám a to či už v oblasti nôh alebo v lumbo-sakrálnej oblasti. Tak isto verím, že táto práca poskytne podklady pre vypracovanie intervenčných programov na elimináciu asymetrií v stranovej asymetrii a to nielen vo futbale ale aj v iných športoch.

7 ZOZNAM LITERATÚRY

- Aaltonen, S., Karjalainen, H., Heinonen, A., Parkkari, J., & Kujala, U. M. (2007). Prevention of sports injuries: systematic review of randomized controlled trials. *Archives of internal medicine*, 167(15), 1585-1592.
- Al'Hazzaa, H. M., Almuzaini, K. S., Al-Refae, S. A., & Sulaiman, M. A. (2001). Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(1), 54.
- Aoki, H., O'Hata, N., Kohno, T., Morikawa, T., & Seki, J. (2012). A 15-year prospective epidemiological account of acute traumatic injuries during official professional soccer league matches in Japan. *The American journal of sports medicine*, 40(5), 1006-1014.
- Arliani, G. G., Belangero, P. S., Runco, J. L., & Cohen, M. (2011). The Brazilian Football Association (CBF) model for epidemiological studies on professional soccer player injuries. *Clinics*, 66(10), 1707-1712.
- Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(1), 40-48.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Risk factors for injuries in football. *The American journal of sports medicine*, 32(1_suppl), 5-16.
- Blache, Y., & Monteil, K. (2012). Contralateral strength imbalance between dominant and non-dominant lower limb in soccer players. *Science & Sports*, 27(3), e1-e8.
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of sports science & medicine*, 6(1), 63.
- Bonetti, L. V., Floriano, L. L., dos Santos, T. A., Segalla, F. M., Biondo, S., & Tadiello, G. S. (2017). Isokinetic performance of knee extensors and flexors in adolescent male soccer athletes. *Sport Sciences for Health*, 13(2), 315-321.
- Brito, J., Figueiredo, P., Fernandes, L., Seabra, A., Soares, J. M., Krstrup, P., & Rebelo, A. (2010). Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isokinetics and Exercise Science*, 18(4), 211-215.
- Burgess, D. J., Naughton, G., & Norton, K. I. (2006). Profile of movement demands of national football players in Australia. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 334-341.
- Cameron, M., Adams, R., & Maher, C. (2003). Motor control and strength as predictors of hamstring injury in elite players of Australian football. *Physical Therapy in Sport*, 4(4), 159-166.

- Carling, C., Le Gall, F., & Orhant, E. (2011). A four-season prospective study of muscle strain reoccurrences in a professional football club. *Research in sports medicine*, 19(2), 92-102.
- Carvalho, P., & Cabri, J. (2007). Avaliação isocinética da força dos músculos da coxa em futebolistas. *Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto*, 1(21), 4-13.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International journal of sports medicine*, 22(01), 45-51.
- Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of sports science & medicine*, 1(3), 56.
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, 36(8), 1469-1475.
- Dallinga, J. M., Benjaminse, A., & Lemmink, K. A. (2012). Which screening tools can predict injury to the lower extremities in team sports?. *Sports medicine*, 42(9), 791-815.
- Daneshjoo, A., Rahnama, N., Mokhtar, A. H., & Yusof, A. (2013). Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *Journal of human kinetics*, 36(1), 45-53.
- Dervišević, E., & Hadžić, V. (2012). Quadriceps and hamstrings strength in team sports: Basketball, football and volleyball. *Isokinetics and Exercise Science*, 20(4), 293-300.
- Dick, R., Putukian, M., Agel, J., Evans, T. A., & Marshall, S. W. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's soccer injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988–1989 through 2002–2003. *Journal of athletic training*, 42(2), 278.
- Eirale, C., Tol, J. L., Whiteley, R., Chalabi, H., & Hölmich, P. (2014). Different injury pattern in goalkeepers compared to field players: A three-year epidemiological study of professional football. *Journal of science and medicine in sport*, 17(1), 34-38.
- Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American journal of sports medicine*, 39(6), 1226-1232.
- Emery, C. A., & Meeuwisse, W. H. (2010). The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial. *British journal of sports medicine*, 44(8), 555-562.
- Engebretsen, A. H., Myklebust, G., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2010). Intrinsic risk factors for groin injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *The American journal of sports medicine*, 38(10), 2051-2057.

- Eniseler, N., Şahan, Ç., Vurgun, H., & Mavi, H. (2012). Isokinetic strength responses to season-long training and competition in Turkish elite soccer players. *Journal of human kinetics*, 31, 159-168.
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23, S60-S79.
- Fonseca, S. T. D., Ocarino, J. M., da Silva, P. L., Bricio, R. S., Costa, C. A., & Wanner, L. L. (2007). Characterization of professional soccer players' muscle performance. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13(3), 143-147.
- Fousekis, K., Tsepis, E., Poulmedis, P., Athanasopoulos, S., & Vagenas, G. (2011). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *British journal of sports medicine*, 45(9), 709-714.
- Forbes, H., Sutcliffe, S., Lovell, A., McNaughton, L. R., & Siegler, J. C. (2009). Isokinetic thigh muscle ratios in youth football: effect of age and dominance. *International journal of sports medicine*, 30(08), 602-606.
- Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of sports science & medicine*, 9(3), 364.
- Freckleton, G., & Pizzari, T. (2013). Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*, 47(6), 351-358.
- Goulart, L. F., Dias, R. M. R., & Altimari, L. R. (2007). Isokinetic force of under-twenties soccer players: Comparison of players in different field positions. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, 9(2), 165-169.
- Grygorowicz, M., Kubacki, J., Pilis, W., Gieremek, K., & Rzepka, R. (2010). Selected isokinetic tests in knee injury prevention. *Biology of Sport*, 27(1).
- Haff, G. G., & Triplett, N. T. (Eds.). (2015). *Essentials of strength training and conditioning 4th edition*. Human kinetics.
- Holcomb, W. R., Rubley, M. D., Lee, H. J., & Guadagnoli, M. A. (2007). Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring: quadriceps strength ratios. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 41.
- Houweling, T. A., Head, A., & Hamzeh, M. A. (2009). Validity of isokinetic testing for previous hamstring injury detection in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 17(4), 213-220.
- Iga, J., George, K., Lees, A., & Reilly, T. (2009). Cross- sectional investigation of indices of isokinetic leg strength in youth soccer players and untrained individuals. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19(5), 714-719.

- Jenkins, N. D., Hawkey, M. J., Costa, P. B., Fiddler, R. E., Thompson, B. J., Ryan, E. D., ... & Cramer, J. T. (2013). Functional hamstrings: quadriceps ratios in elite women's soccer players. *Journal of sports sciences*, 31(6), 612-617.
- Joyce, D., & Lewindon, D. (Eds.). (2014). *High-performance training for sports*. Human Kinetics.
- Kofotolis, N. D., & Kellis, E. (2007). Cross-training effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programme on knee musculature. *Physical Therapy in Sport*, 8(3), 109-116.
- Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J. L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19(2), 243-251.
- Lehnert, M., Urban, J., Procházka, J. H., & Psotta, R. (2011). Isokinetic strength of knee flexors and extensors of adolescent soccer players and its changes based on movement speed and age. *Acta Gymnica*, 41(2), 45-53.
- Lehnert, M., Xaverová, Z., & Croix, M. D. S. (2014). Changes in muscle strength in U19 soccer players during an annual training cycle. *Journal of human kinetics*, 42(1), 175-185.
- Liu, H., Garrett, W. E., Moorman, C. T., & Yu, B. (2012). Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: a review of the literature. *Journal of Sport and Health Science*, 1(2), 92-101.
- Magalhaes, J., Oliveir, A. J., Ascensao, A., & Soares, J. (2004). Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44, 119-125.
- Malý, T., Zahálka, F., & Malá, L. (2010). Isokinetic strength, ipsilateral and bilateral ratio of peak muscle torque in knee flexors and extensors in elite young soccer players. *Acta Kinesiologica*, 4(2), 17-23.
- Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Ford, K. R., Best, T. M., Bergeron, M. F., & Hewett, T. E. (2011). When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries in youth?. *Current sports medicine reports*, 10(3), 155.
- Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries. *Sports medicine*, 42(3), 209-226.
- Oshita, K., & Yano, S. (2010). Asymmetry of force fluctuation during low intensity isometric contraction in leg muscle. *International journal of exercise science*, 3(2), 68.
- Polman, R., Walsh, D., Bloomfield, J., & Nesti, M. (2004). Effective conditioning of female soccer players. *Journal of sports sciences*, 22(2), 191-203.

- Prieske, O., Muehlbauer, T., Borde, R., Gube, M., Bruhn, S., Behm, D. G., & Granacher, U. (2016). Neuromuscular and athletic performance following core strength training in elite youth soccer: Role of instability. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(1), 48-56.
- Rahnama, N., Lees, A., & Bambaecichi, E. (2005). A comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48(11-14), 1568-1575.
- Ruas, C. V., Minozzo, F., Pinto, M. D., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2015). Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5), 1220-1226.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E. X. L., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 40(2), 162.
- Schiltz, M., Lehance, C., Maquet, D., Bury, T., Crielaard, J. M., & Croisier, J. L. (2009). Explosive strength imbalances in professional basketball players. *Journal of Athletic Training*, 44(1), 39-47.
- Schmikli, S. L., De Vries, W. R., Inklaar, H., & Backx, F. J. (2011). Injury prevention target groups in soccer: injury characteristics and incidence rates in male junior and senior players. *Journal of science and medicine in sport*, 14(3), 199-203.
- Silva, J. R. L. C., Detanico, D., Pupo, J. D., & Freitas, C. D. L. R. (2015). Bilateral asymmetry of knee and ankle isokinetic torque in soccer players u20 category. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 17(2), 195-204.
- Śliwowski, R., Jadcak, Ł., Hejna, R., & Wieczorek, A. (2015). The effects of individualized resistance strength programs on knee muscular imbalances in junior elite soccer players. *PloS one*, 10(12), e0144021.
- Söderman, K., Alfredson, H., Pietilä, T., & Werner, S. (2001). Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9(5), 313-321.
- Teixeira, A. S., Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Malina, R. M., Fernandes-da-Silva, J., do Nascimento Salvador, P. C., ... & Guglielmo, L. G. A. (2015). Skeletal maturation and aerobic performance in young soccer players from professional academies. *International journal of sports medicine*, 36(13), 1069-1075.
- Tourny-Chollet, C., Leroy, D., & Beuret-Blanquart, F. (2000). Isokinetic knee muscle strength of soccer players according to their position. *Isokinetics and exercise science*, 8(4), 187-193.
- Tsiokanos, A., Paschalis, V., & Valasotiris, K. (2016). Knee extension strength profile of elite Greek soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 24(1), 79-82.

- Weber, F. S., Silva, B. G. C. D., Radaelli, R., Paiva, C., & Pinto, R. S. (2010). Isokinetic assessment in professional soccer players and performance comparison according to their different positions in the field. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 16(4), 264-268.
- Wong, P., & Hong, Y. (2005). Soccer injury in the lower extremities. *British journal of sports medicine*, 39(8), 473-482.
- Woods, C., Hawkins, R., Hulse, M., & Hodson, A. (2002). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of preseason injuries. *British journal of sports medicine*, 36(6), 436-441.
- Zabka, F. F., Valente, H. G., & Pacheco, A. M. (2011). Isokinetic evaluation of knee extensor and flexor muscles in professional soccer players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 17(3), 189-192.
- Zakas, A. (2006). Bilateral isokinetic peak torque of quadriceps and hamstring muscles in professional soccer players with dominance on one or both two sides. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(1), 28.
- Zvijac, J. E., Toriscelli, T. A., Merrick, W. S., Papp, D. F., & Kiebzak, G. M. (2014). Isokinetic concentric quadriceps and hamstring normative data for elite collegiate American football players participating in the NFL Scouting Combine. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(4), 875-883.