Vzťah svalovej dysbalancie dolných končatín a výskytu zranení u futbalistov a efektivita cieleného kompenzačného programu

The relationship between lower limb muscle imbalance and the incidence of injuries in football players and the effectiveness of a targeted compensation program

Jaroslav NINÍK

Fakulta zdravotníctva, Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne, Trenčín, SR

ABSTRAKT

Východiská: Svalová dysbalancia dolných končatín predstavuje vo futbale významný funkčný rizikový faktor, ktorý vzniká v dôsledku dlhodobého jednostranného zaťaženia.

Ciele: Overiť účinnosť 24-týždňového cieleného kompenzačno-preventívneho programu na zmenu svalových pomerov dolných končatín a incidenciu zranení u mládežníckych futbalistov a analyzovať vzťah medzi svalovou dysbalanciou a výskytom zranení.

Metodika: Výskum mal charakter longitudinálneho sledovania počas jednej súťažnej sezóny (24 týždňov). Výskumný súbor tvorilo 50 mládežníckych futbalistov. Experimentálna skupina (n=25) absolvovala cielený kompenzačný program, zatiaľ čo kontrolná skupina (n=25) realizovala štandardný tréningový proces bez intervencie. Testovanie funkčných svalových pomerov sa uskutočnilo na začiatku a na konci intervenčného obdobia.

Výsledky: V experimentálnej skupine došlo k signifikantnej optimalizácii pomerov H:Q (z 61,9 ± 8,4 % na 75,3 ± 10,1 %; p < 0,001) a D:P (zlepšenie o 12,4 p. b.; p < 0,001). V porovnaní s kontrolnou skupinou bol v experimentálnej skupine zaznamenaný o 48 % nižší výskyt svalových zranení (p = 0,007).

Záver: Cielená excentrická a izometrická kompenzácia integrovaná do tréningu môže prispieť k zníženiu incidencie myogénnych lézií.

Kľúčové slová: *Svalová dysbalancia. Futbal. Prevencia zranení. Funkčné testovanie. Kompenzačný program.*

ABSTRACT

Background: Muscle imbalance of the lower extremities is a significant functional risk factor in football, which arises as a result of long-term unilateral loading.

Objectives: To verify the effectiveness of a 24-week targeted compensatory-preventive program to change lower limb muscle ratios and injury incidence in youth soccer players and to analyze the relationship between muscle imbalance and injury incidence.

Methodology: The research was designed as a longitudinal study conducted over one competitive season (24 weeks) involving 50 youth academy football players. The experimental group (n = 25) underwent a targeted compensatory-preventive program, while the control group (n = 25) continued with the standard training process without additional intervention. Functional muscle ratio testing was performed at the beginning and at the end of the intervention period.

Results: In the experimental group, there was a significant optimization of the H:Q ratios (from 61.9 ± 8.4% to 75.3 ± 10.1%; p < 0.001) and D:P ratios (improvement by 12.4 percentage points; p < 0.001). The experimental group showed a 48% lower incidence of muscle injuries (p = 0.007). Conclusion: Targeted eccentric and isometric compensation integrated into the training process may contribute to a reduction in the incidence of muscle injuries in youth football players.

Key words: *Muscle imbalance. Football. Injury prevention. Functional testing. Compensatory program.*

ÚVOD

Futbal patrí medzi športy s najvyššou incidenciou zranení pohybového aparátu, pričom dominantnú časť predstavujú poranenia dolných končatín. Epidemiologické štúdie UEFA uvádzajú, že až približne 70–80 % všetkých futbalových zranení sa lokalizuje v oblasti dolných končatín, pričom najčastejšie ide o svalové lézie hamstringov, adduktorov a poranenia členkového či kolenného kĺbu (Ekstrand et al.,

2011). Tieto zranenia majú významný dopad nielen na zdravotný stav hráčov, ale aj na kontinuitu tréningového procesu, športový výkon a ekonomické fungovanie klubov. Z biomechanického hľadiska je futbal charakteristický vysokou frekvenciou akcelerácií, decelerácií, zmien smeru pohybu a jednostranného zaťaženia dominantnej dolnej končatiny. Dlhodobé opakovanie týchto pohybových stereotypov môže viesť k rozvoju svalových dysbalancií, ktoré sa prejavujú narušením silovej rovnováhy medzi agonistami a antagonistami alebo zvýšenou stranovou asymetriou. Významnú pozornosť v odbornej literatúre získal najmä pomer sily hamstringov a kvadricepsov (H:Q ratio), ktorý je považovaný za významný rizikový faktor vzniku hamstringových zranení (Croisier et al., 2008). Problematika svalovej dysbalancie je obzvlášť významná u mládežníckych futbalistov, u ktorých prebieha intenzívny rast, maturácia pohybového aparátu a adaptácia na narastajúce tréningové zaťaženie. V posledných rokoch došlo k výraznému rozvoju diagnostických možností v oblasti monitorovania svalovej funkcie. Popri izokinetickej dynamometrii sa v športovej praxi čoraz častejšie využívajú prenosné diagnostické systémy umožňujúce takzvané field-based testovanie. Systémy NordBord a ForceFrame poskytujú objektívne údaje o svalovej sile a asymetriách priamo v tréningovom prostredí, pričom umožňujú pravidelný monitoring hráčov bez výrazného zásahu do tréningového procesu (Opar et al., 2015). Tieto diagnostické prístupy vytvárajú predpoklady pre individualizáciu preventívnych a kompenzačných intervencií. Preventívne programy založené na excentrickom silovom tréningu a neuromuskulárnej stabilizácii, ako napríklad FIFA 11+ alebo Nordic Hamstring Exercise, preukázali potenciál redukovať incidenciu svalových zranení vo futbale (Al Attar et al., 2017). Napriek týmto poznatkom však zostáva limitované množstvo longitudinálnych štúdií sledujúcich efekt individualizovaného kompenzačného programu založeného na objektívnej diagnostike svalových dysbalancií počas celej súťažnej sezóny u mládežníckych elitných futbalistov. Zároveň nie je dostatočne objasnené, do akej miery môže optimalizácia svalových pomerov ovplyvniť incidenciu jednotlivých typov zranení dolných končatín. Cieľom predkladanej práce bolo analyzovať vzťah medzi svalovou dysbalanciou dolných končatín a výskytom zranení u mládežníckych futbalistov počas súťažnej sezóny. Súčasne sme sa zamerali na posúdenie efektu cieleného kompenzačného programu založeného na excentrickej a izometrickej intervencii na zmenu sledovaných svalových pomerov a incidenciu zranení v experimentálnej skupine.

CIELE PRÁCE

Hlavným cieľom predkladanej práce bolo overiť účinnosť 24-týždňového cieleného kompenzačno-preventívneho programu na zmenu vybraných svalových pomerov dolných končatín a na incidenciu zranení u mládežníckych futbalistov počas jednej súťažnej sezóny.

Sekundárnym cieľom bolo analyzovať vzťah medzi svalovou dysbalanciou dolných končatín, vyjadrenou prostredníctvom funkčných svalových pomerov H:Q (hamstringy : kvadricepsy), D:P (dorziflexory : plantárflexory) a ABD:ADD (abduktory : adduktory bedrového kĺbu), a výskytom zranení počas sledovaného obdobia.

Parciálnymi cieľmi práce bolo zhodnotiť zmeny funkčných svalových pomerov H:Q, D:P a ABD:ADD po absolvovaní intervenčného programu, porovnať incidenciu svalových a kĺbno-väzivových zranení medzi experimentálnou a kontrolnou skupinou, posúdiť vzťah medzi zmenou sledovaných svalových pomerov a incidenciou zranení.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika výskumného súboru

Výskumný súbor tvorilo 50 mládežníckych futbalistov akadémie MŠK Žilina kategórií U16, U17 a U19. Výber probandov bol zámerný, pričom zaradení boli hráči aktívne participujúci v pravidelnom tréningovom a súťažnom procese počas celej sledovanej sezóny. Kritériom zaradenia do výskumu bola absencia akútneho muskuloskeletálneho zranenia v čase vstupného testovania a schopnosť absolvovať plnohodnotný tréningový proces. U všetkých hráčov bola pred zaradením do štúdie kontrolovaná anamnéza predchádzajúcich zranení s cieľom vylúčiť chronické alebo limitujúce zdravotné stavy. Za chronické alebo limitujúce zdravotné stavy boli považované chronické muskuloskeletálne bolesti, pretrvávajúca nestabilita kolenného alebo členkového kĺbu, prekonané závažné poranenia dolných končatín s reziduálnym funkčným deficitom (napr. ruptúra predného skríženého väzu), chronické

tendinopatie, neurologické ochorenia ovplyvňujúce motorické funkcie a akýkoľvek zdravotný stav znemožňujúci absolvovanie plnohodnotného tréningového procesu.

Hráči boli následne náhodne rozdelení do experimentálnej skupiny (EX; n = 25; vek 17,2 ± 0,8 roka) a kontrolnej skupiny (KO; n = 25; vek 17,4 ± 0,6 roka). V oboch skupinách boli zastúpené rôzne herné pozície (obrancovia, stredopoliari, útočníci). Počas sledovaného obdobia absolvovali hráči porovnateľný tréningový a zápasový program v rámci klubovej akadémie. Zo štúdie nebol počas sledovania vyradený žiadny hráč.

Výskum bol realizovaný v súlade s etickými princípmi Helsinskej deklarácie. Všetci hráči, resp. ich zákonní zástupcovia, boli oboznámení s priebehom výskumu a podpísali informovaný súhlas so zaradením do štúdie.

Dizajn výskumu

Výskum mal charakter prospektívneho longitudinálneho sledovania realizovaného počas jednej súťažnej sezóny v trvaní 24 týždňov. Vstupné merania boli realizované na začiatku prípravného obdobia pred štartom súťaže a výstupné merania po ukončení intervenčného obdobia.

Experimentálna skupina absolvovala okrem štandardného tréningového procesu aj cielený kompenzačno-preventívny program zameraný na optimalizáciu svalových pomerov dolných končatín. Kontrolná skupina pokračovala v štandardnom tréningovom procese bez dodatočnej kompenzačnej intervencie.

Počas celej sezóny bol priebežne monitorovaný výskyt zranení dolných končatín. Za zranenie bolo považované každé muskuloskeletálne poškodenie vzniknuté počas tréningu alebo zápasu, ktoré viedlo k obmedzeniu športovej participácie minimálne na 24 hodín.

Diagnostické postupy

Diagnostika svalovej sily bola realizovaná pomocou certifikovaných diagnostických systémov spoločnosti VALD Performance (VALD Performance, Brisbane, Australia), ktoré patria medzi štandardne využívané zariadenia v športovej medicíne a monitorovaní športového výkonu. Merania prebiehali v štandardizovaných podmienkach pod vedením klubového fyzioterapeuta. Maximálna excentrická sila hamstringov bola hodnotená pomocou systému NordBord, ktorý umožňuje objektívne meranie excentrickej sily pri Nordic Hamstring teste. Validita a vysoká test-retest reliabilita systému boli potvrdené vo viacerých štúdiách (ICC > 0,90). Izometrická sila adduktorov, abduktorov bedrového kĺbu, dorziflexorov a plantárflexorov bola meraná pomocou systému ForceFrame pri štandardizovanom postavení testovaných segmentov. Pri testovaní bedrového kĺbu bola zachovaná flexia bedra 45°, pričom všetky hodnoty boli zaznamenané v Newtonoch (N). Maximálna izometrická sila kvadricepsu bola meraná digitálnym dynamometrom Dynamo (VALD Performance) v sede pri 60° flexii kolenného kĺbu. Funkčný pomer H:Q bol následne vypočítaný ako podiel maximálnej excentrickej sily hamstringov získanej systémom NordBord a maximálnej izometrickej sily kvadricepsov nameranej zariadením Dynamo. Obidve veličiny boli vyjadrené v rovnakých jednotkách sily (N) a výsledný pomer bol prezentovaný v percentách. Pred každým testovaním absolvovali všetci hráči štandardizované rozcvičenie pozostávajúce z päťminútovej aeróbnej aktivity a dynamického strečingu. Každé meranie bolo realizované trikrát s približne 30-sekundovou prestávkou medzi jednotlivými pokusmi. Do ďalšej analýzy bola zaradená najvyššia dosiahnutá hodnota. Výber sledovaných svalových skupín vychádzal z epidemiologických údajov poukazujúcich na najvyššiu incidenciu poranení hamstringov, adduktorov, kolenného a členkového kĺbu vo futbale. Flexory a extenzory bedrového kĺbu neboli do diagnostického protokolu zaradené z dôvodu zamerania štúdie na najčastejšie rizikové svalové skupiny súvisiace s výskytom futbalových zranení.

Intervenčný program

Experimentálna skupina absolvovala kompenzačno-preventívny program dvakrát týždenne počas 24 týždňov. Jednotky boli realizované prevažne pred hlavnou tréningovou jednotkou pod vedením klubového fyzioterapeuta a trvali približne 30–45 minút.

Program pozostával z excentrického posilňovania hamstringov prostredníctvom Nordic Hamstring Exercise, stabilizačných cvičení bedrového kĺbu (Copenhagen Plank), proprioceptívnych balančných cvičení na nestabilných plochách a izometrických stabilizačných cvičení zameraných na oblasť core.
Intenzita programu bola progresívne upravovaná podľa individuálnej výkonnosti hráčov. Adherence k programu bola monitorovaná tréningovou evidenciou a priemerná účasť hráčov v experimentálnej skupine presiahla 90 % intervenčných jednotiek.
Kontrolná skupina absolvovala štandardizovaný rozcvičovací program FIFA 11+ bez dodatočnej kompenzačnej intervencie.

Evidencia zranení
Výskyt zranení bol počas celej sezóny zaznamenávaný klubovým fyzioterapeutom. Zranenia boli klasifikované podľa anatomickej lokalizácie a typu poškodenia na svalové (myogénne) zranenia, kĺbno-väzivové poranenia, zranenia oblasti kolena, zranenia oblasti členka, zranenia oblasti triesla. Do analýzy neboli zaradené zranenia vzniknuté jednoznačným priamym traumatickým kontaktom, ako napríklad kopanec, úder, koleno protihráča alebo iný priamy náraz vedúci k akútnemu poškodeniu tkaniva. Naopak, zranenia vzniknuté počas herných situácií a súbojov bez jednoznačného priameho traumatického mechanizmu boli do analýzy zaradené.
V prípade opakovaného zranenia u toho istého hráča bola každá nová epizóda evidovaná samostatne. Jeden hráč mohol počas sledovaného obdobia utrpieť viacero typov zranení, preto súčty jednotlivých kategórií nepredstavujú počet unikátnych hráčov.

Štatistická analýza
Štatistické spracovanie údajov bolo realizované v programe Statistica. Normalita rozdelenia dát bola overená Shapiro-Wilkovým testom. Na hodnotenie vnútroskupinových zmien bol použitý Wilcoxonov párový test, zatiaľ čo rozdiely medzi experimentálnou a kontrolnou skupinou boli analyzované Mann-Whitneyho U testom.
Rozdiely vo výskyte zranení medzi skupinami boli hodnotené pomocou dvojstranného Fisherovho exaktného testu. Súčasne bolo vypočítané relatívne riziko (RR) spolu s 95 % intervalom spoľahlivosti (95 % CI). Hladina štatistickej významnosti bola stanovená na úrovni $p < 0,05$.

VÝSLEDKY
Analýza vstupných hodnôt nepotvrdila štatisticky významné rozdiely medzi experimentálnou a kontrolnou skupinou v sledovaných parametroch svalových pomerov ($p > 0,05$), čo poukazuje na porovnateľnosť skupín pred začiatkom intervenčného obdobia (tabuľka 1).

Tabuľka 1 Porovnanie vstupných hodnôt medzi experimentálnou a kontrolnou skupinou

Sledovaný parameter	EX skupina (n = 25)	KO skupina (n = 25)	p-hodnota
H:Q (%)	61,9 ± 8,4	64,7 ± 6,1	**>0,05**
D:P (%)	27,5 ± 6,0	27,2 ± 3,4	**>0,05**
ABD:ADD (%)	92,2 ± 14,0	99,3 ± 18,1	**>0,05**

Legenda: H:Q = hamstringy : kvadricepsy, D:P = dorziflexory : plantárflexory, ABD:ADD abduktory : adduktory bedrového kĺbu, EX = experimentálna skupina, KO = kontrolná skupina

Po ukončení 24-týždňového programu boli v experimentálnej skupine zaznamenané výraznejšie zmeny vo všetkých sledovaných svalových parametroch v porovnaní s kontrolnou skupinou (tabuľka 2).
Najvýraznejšia zmena bola pozorovaná pri funkčnom pomere hamstringov a kvadricepsov (H:Q ratio). V experimentálnej skupine došlo k zvýšeniu priemernej hodnoty z 61,9 ± 8,4 % na 75,3 ± 10,1 % ($\Delta = +13,4$ p. b.; $p < 0,001$). V kontrolnej skupine bol zaznamenaný len mierny nárast z 64,7 ± 6,1 % na 66,8 ± 5,9 % ($\Delta = +2,1$ p. b.; $p = 0,0025$). Medziskupinové porovnanie zmien potvrdilo štatisticky významne vyššie zlepšenie v experimentálnej skupine ($p < 0,001$).

Pri pomere dorziflexorov a plantárflexorov členkového kĺbu (D:P ratio) bola v experimentálnej skupine zaznamenaná signifikantná zmena z 27,5 ± 6,0 % na 39,9 ± 5,6 % (Δ = +12,4 p. b.; p < 0,001). Kontrolná skupina nevykázala štatisticky významnú zmenu (Δ = +0,9 p. b.; p = 0,081). Rozdiel zmien medzi skupinami bol štatisticky významný (p < 0,001).

V oblasti bedrového kĺbu (ABD:ADD ratio) sa v experimentálnej skupine zaznamenalo mierne zvýšenie hodnôt z 92,2 ± 14,0 % na 95,9 ± 11,1 % (Δ = +3,7 p. b.; p = 0,042). V kontrolnej skupine nebola potvrdená signifikantná zmena sledovaného parametra (p = 0,468).

Tabuľka 2 Porovnanie vstupných a výstupných svalových pomerov dolných končatín

Sledovaný parameter	Skupina	Vstup (Pre-test)	Výstup (Post-test)	Zmena (Δ)	p-hodnota
H:Q pomer [%]	EX (n = 25)	61,9 ± 8,4	75,3 ± 10,1	+13,4	**< 0,001**
H:Q pomer [%]	KO (n = 25)	64,7 ± 6,1	66,8 ± 5,9	+2,1	**0,0025**
D:P pomer [%]	EX (n = 25)	27,5 ± 6,0	39,9 ± 5,6	+12,4	**< 0,001**
D:P pomer [%]	KO (n = 25)	27,2 ± 3,4	28,1 ± 3,7	+0,9	**0,081**
ABD:ADD pomer [%]	EX (n = 25)	92,2 ± 14,0	95,9 ± 11,1	+3,7	**0,042**
ABD:ADD pomer [%]	KO (n = 25)	99,3 ± 18,1	98,9 ± 19,0	-0,4	**0,468**

Legenda: H:Q = hamstringy : kvadricepsy, D:P = dorziflexory : plantárflexory, ABD:ADD abduktory : adduktory bedrového kĺbu

Počas sledovaného obdobia bol v experimentálnej skupine zaznamenaný nižší výskyt zranení vo viacerých sledovaných kategóriách v porovnaní s kontrolnou skupinou (tabuľka 3).

Celkovo bolo v experimentálnej skupine evidovaných 14 hráčov s minimálne jedným zranením, zatiaľ čo v kontrolnej skupine išlo o 21 hráčov. Rozdiel medzi skupinami naznačoval nižší celkový výskyt zranení v experimentálnej skupine, avšak nedosiahol hranicu štatistickej významnosti (p = 0,062).

V oblasti svalových zranení bolo v experimentálnej skupine zaznamenaných 11 prípadov, zatiaľ čo v kontrolnej skupine 21 prípadov. Relatívne riziko svalového zranenia v experimentálnej skupine dosiahlo hodnotu RR = 0,52 (95 % CI: 0,32 – 0,85), čo predstavovalo približne 48 % nižšie riziko v porovnaní s kontrolnou skupinou (p = 0,007).

Pri zraneniach kolena a členka bola v experimentálnej skupine zaznamenaná nižšia incidencia v porovnaní s kontrolnou skupinou. V oblasti kolena dosiahlo relatívne riziko hodnotu RR = 0,43 (95 % CI: 0,20 – 0,93; p = 0,042), v oblasti členka RR = 0,47 (95 % CI: 0,26 – 0,85; p = 0,023). V prípade zranení triesla bol v experimentálnej skupine zaznamenaný nižší počet prípadov, avšak rozdiel medzi skupinami nedosiahol štatistickú významnosť (p = 0,196).

Tabuľka 3 Celkový prehľad incidencie zranení a analýza relatívneho rizika

Kategória zranenia	EX skupina (n = 25)	KO skupina (n = 25)	RR (95 % CI)	p-hodnota
Hráči s minimálne jedným zranením	14 (56,0 %)	21 (84,0 %)	0,67 (0,45 – 0,98)	**0,062**
Svalové zranenia	11 (44,0 %)	21 (84,0 %)	0,52 (0,32 – 0,85)	**0,007**
Kĺbno-väzivové poranenia	7 (28,0 %)	13 (52,0 %)	0,54 (0,26 – 1,12)	**0,148**
Zranenia kolena	6 (24,0 %)	14 (56,0 %)	0,43 (0,20 – 0,93)	**0,042**
Zranenia členka	8 (32,0 %)	17 (68,0 %)	0,47 (0,26 – 0,85)	**0,023**
Zranenia triesla	4 (16,0 %)	9 (36,0 %)	0,44 (0,16 – 1,26)	**0,196**

Legenda: EX = experimentálna skupina, KO = kontrolná skupina, RR = relatívne riziko

Výsledky naznačujú, že implementácia cieleného kompenzačno-preventívneho programu bola spojená so zlepšením sledovaných svalových pomerov a súčasne s nižším výskytom niektorých typov zranení dolných končatín počas sledovaného obdobia. Mechanizmus vzniku jednotlivých zranení (kontaktné vs. nekontaktné) nebol počas sledovania systematicky evidovaný, preto nebolo možné realizovať podrobnejšiu analýzu príčin jednotlivých poranení. Táto skutočnosť predstavuje jedno z metodologických obmedzení štúdie.

DISKUSIA

Cieľom predkladanej práce bolo analyzovať vzťah medzi svalovou dysbalanciou dolných končatín a výskytom zranení u mládežníckych futbalistov počas jednej súťažnej sezóny a súčasne posúdiť efekt

cieleného kompenzačno-preventívneho programu na sledované svalové pomery a incidenciu zranení. Výsledky naznačili, že realizovaná intervencia bola spojená so zlepšením vybraných svalových parametrov a nižším výskytom niektorých typov zranení v experimentálnej skupine. Najvýraznejšie zmeny boli zaznamenané v oblasti H:Q pomeru, kde experimentálna skupina dosiahla signifikantné zvýšenie hodnôt po ukončení intervenčného programu. Tento výsledok je v súlade so zisteniami Croisier et al. (2008), ktorí realizovali prospektívnu intervenčnú štúdiu u profesionálnych futbalistov, v ktorej sledovali vzťah medzi deficitom svalovej sily hamstringov a incidenciou svalových poranení. Autori preukázali, že identifikácia a následná korekcia silových deficitov významne znižovala výskyt hamstringových zranení. Naše výsledky sú s týmito zisteniami v súlade, keďže experimentálna skupina po absolvovaní kompenzačného programu dosiahla významné zlepšenie H:Q pomeru a súčasne nižšiu incidenciu svalových zranení. Podobne Andrade et al. (2012) analyzovali vplyv športovej špecializácie na pomer hamstringov a kvadricepsov pomocou izokinetickej dynamometrie. Zistili, že zachovanie optimálneho H:Q pomeru predstavuje významný predpoklad prevencie svalových poranení pri športoch s vysokým podielom šprintov a akcelerácií. V našej štúdii bol na hodnotenie svalovej funkcie použitý field-based diagnostický prístup prostredníctvom systémov NordBord a ForceFrame. V porovnaní s izokinetickou dynamometriou ide o praktickejšiu formu monitorovania využiteľnú priamo v podmienkach športovej praxe. Timmins et al. (2016) uvádzajú, že izometrické a excentrické testovanie neumožňuje úplnú simuláciu dynamických pohybových podmienok typických pre herné situácie vo futbale. Tento faktor je potrebné zohľadniť pri interpretácii získaných výsledkov, čo uvádzajú aj van Dyk et al. (2019). Významné zmeny boli zaznamenané aj pri pomere dorziflexorov a plantárflexorov členkového kĺbu. Experimentálna skupina vykázala výraznejšie zlepšenie sledovaných hodnôt v porovnaní s kontrolnou skupinou, pričom súčasne bol evidovaný nižší výskyt zranení členka. Tieto zistenia môžu poukazovať na význam kombinácie proprioceptívnych a stabilizačných cvičení v prevencii funkčných porúch členkového kĺbu. Interpretácia stability členka však v našej práci vychádzala prevažne zo svalových pomerov a incidencie zranení. Pre komplexnejšie posúdenie funkčnej stability by bolo vhodné zaradiť aj špecifické funkčné testy, napríklad Y-Balance test (Hupperets et al., 2009).

V experimentálnej skupine bol zaznamenaný aj nižší výskyt zranení kolenného kĺbu. Hoci mechanizmus vzniku jednotlivých poranení nebol detailne analyzovaný, tento nález môže mať významný klinický aj športový význam. Waldén et al. (2016) vo svojej 15-ročnej prospektívnej štúdii UEFA Elite Club Injury Study poukazujú na to, že poranenia kolenného kĺbu, najmä ruptúry predného skríženého väzu, patria medzi najzávažnejšie futbalové zranenia vzhľadom na dlhú dobu rekonvalescencie a riziko opakovaného poranenia. Autori zároveň zdôrazňujú význam preventívnych stratégií zameraných na znižovanie výskytu týchto poranení. Tieto poznatky podporujú význam preventívnych intervencií zameraných na znižovanie rizikových faktorov, medzi ktoré možno zaradiť aj identifikáciu a korekciu svalových dysbalancií.

V oblasti bedrového kĺbu a triesla boli zaznamenané menej výrazné zmeny. Hoci experimentálna skupina vykázala mierne zlepšenie pomeru ABD:ADD, rozdiely v incidencii zranení triesla nedosiahli štatistickú významnosť. Tento výsledok môže súvisieť s relatívne malým počtom sledovaných prípadov, ale aj s multifaktoriálnym charakterom zranení triesla. Harøy et al. (2019) realizovali randomizovanú kontrolovanú štúdiu u futbalistov, v ktorej hodnotili účinnosť programu Copenhagen Adduction Exercise. Autori zaznamenali významné zníženie výskytu poranení triesla, pričom zdôraznili význam pravidelnej aplikácie programu počas celej sezóny. Zaujímavým zistením bola aj relatívne vysoká incidencia svalových zranení v kontrolnej skupine napriek realizácii štandardizovaného rozcvičovacieho programu FIFA 11+. Tento výsledok môže naznačovať, že všeobecné preventívne programy nemusia byť dostatočné u hráčov s individuálne prítomnými svalovými deficitmi a asymetriami. V tomto kontexte sa javí individualizovaný prístup založený na objektívnej diagnostike ako potenciálne prínosný nástroj prevencie. Napriek uvedeným limitáciám výsledky práce podporujú význam pravidelného monitorovania svalových dysbalancií a implementácie cielených kompenzačno-preventívnych programov v podmienkach mládežníckeho futbalu. Z praktického hľadiska sa field-based diagnostické systémy môžu javiť ako vhodný nástroj pre identifikáciu rizikových hráčov a individualizáciu preventívnych intervencií v špor-

tovej praxi. Gabbett (2016) vo svojej prehľadovej práci poukazuje na multifaktoriálny charakter športových zranení a zdôrazňuje, že samotné svalové parametre nemožno interpretovať izolovane od tréningovej záťaže, regenerácie a individuálnej adaptácie športovcov.

Limitácie výskumu

Výskum bol realizovaný na relatívne malom súbore hráčov jednej futbalovej akadémie, čo môže obmedzovať možnosti generalizácie výsledkov. Súčasne nebolo možné úplne kontrolovať všetky externé faktory ovplyvňujúce vznik zranení, ako individuálne tréningové zaťaženie, odohraný čas v zápasoch, regeneráciu, kvalitu spánku alebo psychický stres. Mechanizmus vzniku zranení nebol počas sledovania detailne klasifikovaný. Hoci zo štúdie boli vylúčené zranenia vzniknuté jednoznačným priamym traumatickým kontaktom, nebola realizovaná systematická analýza jednotlivých mechanizmov vzniku poranení. Táto skutočnosť môže predstavovať limitáciu pri interpretácii vzťahu medzi sledovanými svalovými parametrami a incidenciou zranení.

ZÁVER

Predkladaná práca sa zaoberala analýzou vzťahu medzi svalovou dysbalanciou dolných končatín a výskytom zranení u mládežníckych futbalistov počas jednej súťažnej sezóny. Súčasne bol hodnotený efekt cieleného kompenzačno-preventívneho programu založeného na excentrickom a izometrickom zaťažení na zmenu sledovaných svalových pomerov a incidenciu zranení. Výsledky naznačili, že realizovaná intervencia bola spojená so signifikantným zlepšením sledovaných svalových parametrov, predovšetkým v oblasti H:Q a D:P pomeru. Experimentálna skupina zároveň vykázala nižší výskyt viacerých typov zranení dolných končatín v porovnaní s kontrolnou skupinou, najmä v oblasti svalových poranení, kolena a členka. Získané výsledky podporujú význam pravidelného monitorovania svalových dysbalancií a využívania individualizovaných kompenzačno-preventívnych intervencií v podmienkach mládežníckeho futbalu. Praktický prínos práce spočíva najmä v možnosti aplikácie field-based diagnostických systémov priamo do tréningového procesu, čo môže prispieť k včasnej identifikácii rizikových hráčov a optimalizácii preventívnych stratégií. Napriek pozitívnym zisteniam je potrebné interpretovať výsledky s ohľadom na limitácie štúdie, predovšetkým veľkosť výskumného súboru a nemožnosť úplnej kontroly všetkých externých faktorov ovplyvňujúcich vznik zranení. Do budúcnosti by bolo vhodné realizovať výskum na väčšom súbore hráčov, doplniť detailnejšiu analýzu tréningovej expozície a zaradiť komplexnejšie funkčné a biomechanické hodnotenie pohybového aparátu. Na základe získaných výsledkov možno predpokladať, že systematicky realizovaný kompenzačno-preventívny program môže predstavovať vhodný doplnok tréningového procesu s potenciálnym prínosom v oblasti prevencie zranení u mládežníckych futbalistov.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

AL ATTAR W. S. A., SOOMRO N., SINCLAIR P. J. et al. Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Medicine. 2017; 47: 907–916

ANDRADE M. S., DE LIRA C. A. B., KOFFLER F. E. et al. Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: The influence of sport modality, gender, and angular velocity. *Journal of Sports Sciences*. 2012; 30 (6): 789–797

CROISIER J. L., GANTEAUME S., BINET J. et al. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine.* 2008; 36 (8): 1469–1475

EKSTRAND J., HÄGGLUND M., WALDÉN M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*. 2011; 45 (7): 553–558

GABBETT T. J. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine.* 2016; 50 (5): 273–280

HARØY J., CLARSEN B., WIGENSTAD T. et al. The Adductor Strengthening Programme prevents groin problems among male football players: a cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*. 2019; 53 (3): 150–157

HUPPERETS M. D., VERHAGEN E. A., VAN MECHELEN W. Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial. *BMJ*. 2009; 339: b2684

OPAR D. A., WILLIAMS M. D., TIMMINS R. G. et al. Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2015; 47 (4): 857–865

TIMMINS R. G., BOURDON P. C., PINTO M. D. et al. Architectural Changes of the Biceps Femoris Long Head after Concentric or Eccentric Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2016; 48 (3): 499–508

VAN DYK N., BAHR R., WHITELEY R. et al. Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries: A 4-Year Prospective Cohort Study. *The American Journal of Sports Medicine.* 2019; 47 (3): 662–669

WALDÉN M., HÄGGLUND M., MAGNUSSON H. et al. ACL injuries in men's professional football: a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates in the UEFA Elite Club Injury Study. *British Journal of Sports Medicine*. 2016; 50 (12): 744–752