

Vliv neuromuskulárního tréninkového programu na rychlost se změnou směru v ženském amatérském ragby

Ondřej Sikora* a Michal Lehnert

Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, Česká republika

Copyright: © 2023 O. Sikora & M. Lehnert. Toto je open access článek vydaný pod Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Východiska: Ragby je sportem s vysokou úrazovostí. Zranění kolenního kloubu, obzvláště předního zkříženého vazy, je jedním z nejčastějších poranění s jednou z nejdelších dob rekonvalescence. Primární příčinou bezkontaktního zranění v oblasti kolenního kloubu se ukazuje změna směru pohybu. Předějit se tomu dá účinnými tréninkovými programy, které dokážou snížit incidenci zranění až o polovinu. Zároveň se ukazuje spojitost mezi výsledky testů rychlosti se změnou směru pohybu a prevencí zranění. **Cíle:** Ověřit vliv neuromuskulárního tréninkového programu na rychlost se změnou směru v ženském amatérském ragby. **Metodika:** Dvanáctitýdenní experimentální studie ověřovala vliv neuromuskulárního tréninkového programu (KneeRugbyWomen) na rychlost se změnou směru v ženském amatérském ragby. Účastnice byly rozděleny na experimentální skupinu ($n = 12$, věk: $20,05 \pm 4,43$, tělesná výška: $166,54 \pm 4,46$ cm, tělesná hmotnost: $64,65 \pm 6,44$) a kontrolní skupinu ($n = 12$, věk: $20,04 \pm 4,88$, tělesná výška: $166,83 \pm 7,30$ cm, tělesná hmotnost: $69,83 \pm 12,84$). Účastnice podstoupily vstupní měření v týdnu před intervencí a výstupní měření ihned po ukončení 12týdenní intervence. Využit byl 505 agility test, který se zaměřuje na rychlost se změnou směru pohybu a dochází u něj ke 180° otočení. Experimentální skupina prováděla dvakrát týdně 10minutový intervenční program KneeRugbyWomen složený z balančních cvičení, silových cvičení využívající odporové gumy a plyometrických cvičení. Kontrolní skupina absolvovala ve svém programu 10minutový trénink ragbyové specifických dovedností – přihrávek. **Výsledky:** Vnitroskupinové porovnání neprokázalo statisticky významný vliv programu na rychlost se změnou směru pohybu. Rozdílnost skupin byla nalezena meziskupinovým porovnáním, kdy byl celkový čas u otoček na obě dolní končetiny statisticky významně rozdílný při druhém oproti prvnímu měření. **Závěry:** Nebyl potvrzen významný vliv 12týdenního neuromuskulárního intervenčního programu KneeRugbyWomen na rychlost se změnou směru pohybu u amatérských ragbistek hodnocený 505 agility testem. Účinnost programu je nutno ověřit s delším celkovým objemem zatížení.

Klíčová slova: prevence zranění; 505 agility test; přední zkřížený vaz

Úvod

Ragby je sportem s vysokým výskytem zranění (Palmer-Green et al., 2013). Mezi nejčastější poranění v ragby patří zranění předního zkříženého vazy (LCA) s dlouhou dobou rehabilitace, vysokou pravděpodobností opětovného zranění a dřívějšími degenerativními změnami (Carrasco-Huenulef et al., 2019; Takazawa et al., 2015). Vyšší riziko zranění se u obou pohlaví vyskytuje ve věkovém rozmezí 15-19 let (Renstrom et al., 2008). U adolescentních hráčů a hráček ragby se navíc ukazuje vyšší výkonnostní pokles po prodělaném zranění LCA oproti starším ragbistům a ragbistkám (Takazawa et al., 2015). Změna směru pohybu

byla identifikována jako primární akce, při které dochází k bezkontaktnímu zranění LCA (Dos'Santos et al., 2018).

Rychlost se změnou směru pohybu se definuje jako schopnost zpomalit, otočit se, nebo změnit směr pohybu, a znovu akcelarovat (Jones et al., 2009), případně jako schopnost změnit počáteční směr pohybu na předem určený bod (Nimphius, 2014). Rychlost se změnou směru je ovlivněna mnoha faktory, jako jsou technika pohybu, lineární rychlost, síla (mimo jiné i odrazové schopnosti, nebo reaktivní síla), či kratší doba kontaktu při změně pohybu (Dos'Santos et al., 2017).

Předchozí studie (Sikora et al., 2023) prokázala vliv neuromuskulárního tréninkového programu na indikátor rizika zranění reaktivní silový index, tedy v testu vyžadující maximální úsilí. Naopak účinky na LESS škálu (test hodnotící biomechaniku dopadu) a tuhost dolních končetin (test nemaximálního úsilí) nebyly prokázány. Dále výsledky studií ověřující účinnost progra-

* Korespondenční adresa: Mgr. Ondřej Sikora, Katedra sportu, Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci, tř. Míru 117, 779 00 Olomouc Česká republika, email: ondrej.sikora02@upol.cz

mů prevence zranění v jiných kolektivních sportech (Faude et al., 2017; Havens & Sigward, 2015) ukazují na spojitost mezi výsledky testů rychlosti se změnou směru pohybu a prevencí zranění. Dochází k efektivnímu přenosu sil a jejich momentů, a tedy, jak ke zlepšení rychlosti se změnou směru, tak i zároveň na prevenci zranění. Tyto testy se vyznačují rychlým zpomalením a zrychlením, jsou tedy spojeny se stabilizací kloubů při pohybovém zatížení. To umožňuje efektivní přenos sil a následně ovlivňuje pohybový výkon, kde byl prokázán vliv na přímý sprint a zrychlení (Faude et al., 2017). Úhel změny směru pohybu a rychlost před změnou směru jsou klíčovými aspekty, které jsou zohledňovány při výběru testu rychlosti se změnou směru pohybu (Dos'Santos et al., 2018).

505 agility test se zaměřuje na rychlost se změnou směru, kde dochází ke 180° otočení (Dos'Santos et al., 2017). Clarke et al. (2022) poukazují na lineární rychlost, zpomalení a opětovné zrychlení jako složky rychlosti se změnou směru pohybu a určují jako klíčový faktor výkonu 505 agility testu zpomalení. Vzhledem k typologii pohybů v ragby a signifikantním rozdílem výsledků 505 agility testu u otoček na dominantní a nedominantní dolní končetiny autoři (Dos'Santos et al., 2019) doporučují provést otočku na obě dolní končetiny. Z hlediska prevence zranění může asymetrie potenciálně vést ke zvýšenému riziku zranění. Dochází k nerovnoměrné absorpci síly, ztrátě stability v čelní rovině hrající důležitou roli pro udržení nárazových sil a nadměrně se zatěžuje silnější noha, zatímco slabší může být ohrožena i průměrnou zátěží (Guan et al., 2022).

Účinné tréninkové programy snižují incidenci zranění až o polovinu (Bram et al., 2020; Kiani et al., 2010). Nedávná přehledová studie (Monajati et al., 2016) prokázala vhodnost kombinovat balanční, silová a plyometrická cvičení v programech prevence zranění. Díky tomu dochází nejen k stimulaci senzomotorického charakteru, ale i k přímému rozvoji silových schopností (Monajati et al., 2016). Jiné studie (Hewett et al., 2016; Myklebust et al., 2003; Padua et al., 2015) doporučují se zaměřit i na techniku dopadu, obzvláště u žen. Kombinací cvičení se dosahuje vyšší míry specifčnosti se zaměřením na cvičení na dolní končetiny i hluboký stabilizační systém těla. To vede k rozvoji stability a maximální i explozivní síly (Luo et al., 2023), což jsou determinanty podmiňující výkon v testech rychlosti se změnou směru pohybu (Dos'Santos et al., 2017).

Studie prevence zranění v ragby se zabývají převážně mužskými hráči (Evans et al., 2018; Hislop et al., 2016; Leahy et al., 2020) a pokud je nám známo, neexistují žádné studie zkoumající účinnost preventivních tréninkových programů u amatérských ragbistek, vyjma Sikora et al. (2023). Naším cílem bylo ověřit vliv neuromuskulárního tréninkového programu KneeRugbyWomen na rychlost se změnou směru v ženském

amatérském ragby. Formulovali jsme hypotézu, že neuromuskulární tréninkový program KneeRugbyWomen má pozitivní vliv na rychlost se změnou směru pohybu v ženském amatérském ragby.

Metodika

Výzkumný soubor

Studie se zúčastnilo 31 amatérských hráček ragby ze dvou klubů. Podmínkou účasti byl minimální věk 15 let v roce měření, absence vážného zranění kolene šest měsíců před testováním a aktivní účast v českých ragbyových soutěžích. Hráčky byly blokovou randomizací rozděleny do experimentální skupiny (ES, $n = 16$) a kontrolní skupiny (KS, $n = 15$). Do finálního souboru nebylo zahrnuto sedm hráček, které se buď nezúčastnily vstupního, nebo výstupního měření, nebo neabsolvovaly aspoň 80 % tréninků. Do finální analýzy bylo zahrnuto 24 ragbistek, a to 12 do ES (průměr \pm směrodatná odchylka: věk $20,05 \pm 4,43$ let, tělesná výška $166,54 \pm 4,46$ cm, tělesná hmotnost $64,65 \pm 6,44$ kg) a 12 do KS (průměr \pm směrodatná odchylka: věk $20,04 \pm 4,88$ let, tělesná výška $166,83 \pm 7,30$ cm, tělesná hmotnost $69,83 \pm 12,84$ kg). Hráčky v průměru trénovaly třikrát týdně, kdy jeden trénink trval 90 minut. Ragbistky byly instruovány, aby se 48 hodin před testováním neúčastnily žádné intenzivní činnosti.

Před výzkumem byly všem účastnicím a rodičům hráček (mladším 18 let) vysvětleny ústně i písemně všechny postupy spojené s experimentem i potenciální rizika. Zajištěn byl informovaný souhlas hráček i rodičů. Studie byla provedena v souladu s Helsinskou deklarací a také byla schválena Etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci pod číslem 23/2021.

Postupy

Pro ověření vlivu neuromuskulárního tréninkového programu na rychlost se změnou směru v ženském amatérském ragby byla použita randomizovaná kontrolovaná studie. Hráčky podstoupily vstupní měření v týdně před zahájením intervence a výstupní měření bezprostředně po absolvování 12týdenního intervenčního programu KneeRugbyWomen (Tabulka 1). V obou testováních byly data získávána pomocí optického časovacího systému Optojump Next (Microgate, Bolzano, Itálie) s přesností 0,001 s podle specifikace výrobce a fotobuněk (PR1aW, ALGE-TIMING GmbH, Lustenau, Rakousko). Účastnice během testování měly vlastní sportovní obuv. Dále byly zjišťovány antropometrické údaje, konkrétně tělesná hmotnost pomocí InBody770 (Biospace, Soul, Jižní Korea) a tělesná výška pomocí stadiometru A-226 (Tryston, Olomouc, Česká republika). Pro snížení ovlivnění výsledků studie se uskutečnila familiarizace testování dva týdny před

prvním měřením a byla vedena autory této práce. Při osvojování správného provedení pohybových úkolů bylo využito přímých i nepřímých (videonahrávky se správným provedením) ukázek a slovních instrukcí. Při samotném testování měly hráčky k dispozici zkušební pokusy s otočkou na obě dolní končetiny.

505 agility test

Test se skládá z 10 m dlouhého segmentu 1, kde dochází k akceleraci, následuje 5 m segmentu 2 (decelerace), změna směru pohybu o 180° a test končí 5 m dlouhým segmentem 3, kdy dochází k opětovné akceleraci (Obrázek 1) a je prováděn s otočkou na obě dolní končetiny (Dos'Santos et al., 2018). Testovaná hráčka zahájila sprint 50 cm před začátkem segmentu 1. Hráčka absolvovala celkem šest pokusů, kdy byly tři pokusy prováděny na jednu a poté tři pokusy na druhou dolní končetinu. Dominantní končetina byla určena dle nejrychlejšího času. Mezi pokusy došlo ke dvouminutové pauze (Draper & Lancaster, 1985). Reliabilita testu byla prokázána jako vysoká s variačním koeficientem CV = 1,9-2,4 % a koeficientem vnitrotřídní korelace ICC = 0,73-0,94 (Clarke et al., 2020).

Intervenční tréninkový program KneeRugbyWomen

Neuromuskulární intervenční program KneeRugbyWomen (Tabulka 1) byl prováděn ES po dobu 12 týdnů dvakrát týdně. Před programem proběhlo standardní 15minutové rozcvičení. KS absolvovala stejné rozcvičení a poté 10minutový program sportovně-specifických dovedností – přihrávek. KneeRugbyWomen program byl vytvořen autory práce a splňuje současné trendy v programech prevence zranění (De Ste Croix et al., 2018; Kiani et al., 2010; Myklebust et al., 2003). Program byl rozdělen na balanční cvičení, silová cvičení využívající odporové gumy a plyometrická cvičení, kde byly použity převážně skoky na jedné dolní končetině. Familiarizace proběhla dva týdny před začátkem intervence a byla vedena certifikovanými trenéry, kteří poté kontrolovali i provádění v jednotlivých tréninkových jednotkách. Pro familiarizaci bylo užito mimo praktické ukázky také slovní instruování a videoukázky správné techniky provedení. V programu byly pro

individualizaci použity čtyři úrovně provedení. Zvýšení úrovně bylo podmíněno zvládnutím správné techniky provedení jednotlivých cvičení a bylo kontrolováno přítomnými výzkumníky. Interval odpočinku byl definován jako polovina času předešlého cvičení.

Statistická analýza

Normalita rozložení dat byla hodnocena pomocí Kolmogorov-Smirnova testu s hladinou významnosti nastavenou na $\alpha = 0,05$. Data nebyla normálně distribuována, proto byly užity neparametrické statistické metody. U jednotlivých segmentů byly pro porovnání použity ze základní popisné statistiky průměr a směrodatná odchylka (SD). Výsledky 505 agility testu mezi vstupním a výstupním měřením byly porovnány pomocí Wilcoxonova párového testu. Srovnání mezi skupinami (ES versus KS) bylo provedeno pomocí Mann-Whitney U testu. K určení velikosti efektů r byly zvoleny hodnoty 0,1, 0,3 a 0,5 jako malý, střední a velký efekt (Pallant, 2011). Statistická analýza byla provedena v programu Microsoft Excel (Microsoft 365, version 2109, Microsoft Corp, Redmond, USA).

Výsledky

Výsledky 505 agility testu hráček ES a KS jsou znázorněny v Tabulce 2. Pro provedení testu, kdy byla otočka prováděna na dominantní končetinu, byly statisticky významné rozdíly v meziskupinovém porovnání u segmentu 1 (akcelerace) u obou měření (vstupní: $p = 0,02$, $r = 0,47$, střední efekt; výstupní: $p = 0,04$, $r = 0,42$, střední efekt). Změna nastala v celkovém času testu, který byl statisticky významně rozdílný při druhém měření ($p = 0,01$, $r = 0,63$, velký efekt).

U provedení testu s otočkou na nedominantní končetinu byl zjištěn statisticky významně rozdíly mezi skupinami u segmentu 3 (akcelerace po otočce) u vstupního měření ($p = 0,04$, $r = 0,42$, střední efekt), zároveň byly potvrzeny statisticky významné rozdíly mezi ES a KS v celkovém čase v případě výstupního měření ($p = 0,01$, $r = 0,55$, velký efekt).

Obrázek 1

Schéma 505 agility testu



Tabulka 1*Neuromuskulární tréninkový program KneeRugbyWomen*

Typ cvičení	Doba trvání	Úroveň 1	Úroveň 2	Úroveň 3	Úroveň 4
Balanční cvičení	30 s obě končetiny	Skrčit přednožmo	Podřep přednožit dolů	Podřep postupně přednožovat a zanožovat	Podřep postupně přednožovat, zanožovat a unožovat
	30 s obě končetiny	Výpady	Výpady s rotací trupu	Výpady s váhou předklonmo	Výpady s váhou předklonmo a rotací trupu
Silová cvičení	1 min, případně 30 s obě končetiny	Most na lopatkách	Most na lopatkách s rezistenční gumou nad koleny	Most na lopatkách na jedné noze	Most na lopatkách s posunem chodidel (walking bridge)
	30 s obě končetiny	Laterální zvedání dolní končetiny vleže naboku	Laterální zvedání dolní končetiny vleže naboku pokrčmo („škeble“)	Laterální zvedání dolní končetiny s rezistenční gumou	Laterální zvedání dolní končetiny pokrčmo s rezistenční gumou („škeble“)
	30 s	Podřep do výponu	Podřep do výponu s rezistenční gumou nad koleny		
Plyometrická cvičení	30 s	Skoky snožmo dopředu a dozadu			
	30 s	Laterální skoky jednonož			
	30 s	Laterální skoky jednonož s rotací			
	30 s	Laterální skoky jednonož křížmo			
	15 s obě k.	Poskoky jednonož dopředu a dozadu			

Poznámka. Unilaterální cvičení probíhá v součtu obou končetin stejnou dobu cvičení bilaterálního.

Tabulka 2*Průměrné hodnoty 505 agility testu pro experimentální i kontrolní skupinu při vstupním a výstupním měření*

505 agility test	Experimentální skupina (<i>n</i> = 12)		Kontrolní skupina (<i>n</i> = 12)	
	Vstupní	Výstupní	Vstupní	Výstupní
Otočka DDK				
Segment 1	2,038 (±0,11)*	2,000 (±0,12)*	2,134 (±0,10)*	2,117 (±0,12)*
Segment 2	1,049 (±0,08)	1,019 (±0,08)	1,050 (±0,06)	1,108 (±0,16)
Kontaktní čas	0,446 (±0,08)	0,397 (±0,12)	0,453 (±0,13)	0,456 (±0,14)
Segment 3	1,549 (±0,15)	1,556 (±0,17)	1,667 (±0,17)	1,683 (±0,17)
Celkový čas	4,644 (±0,22)	4,583 (±0,20)*	4,862 (±0,28)	4,914 (±0,25)*
Otočka NDK				
Segment 1	2,063 (±0,11)	2,061 (±0,09)	2,128 (±0,12)	2,161 (±0,15)
Segment 2	1,081 (±0,11)	1,054 (±0,08)	1,099 (±0,10)	1,108 (±0,16)
Kontaktní čas	0,450 (±0,11)	0,423 (±0,08)	0,465 (±0,13)	0,437 (±0,14)
Segment 3	1,568 (±0,14)*	1,555 (±0,15)	1,708 (±0,13)*	1,688 (±0,18)
Celkový čas	4,721 (±0,16)	4,678 (±0,20)*	4,948 (±0,28)	4,965 (±0,24)*

Poznámka. Jedná se o průměrné hodnoty uvedené v sekundách. V závorkách je uvedena směrodatná odchylka (±SD). DDK – dominantní dolní končetina. NDK – nedominantní dolní končetina.

* Statisticky významné rozdíly v meziskupinovém porovnání pomocí Mann–Whitney U testu.

U ES, ani KS nebyly potvrzeny statisticky významné změny mezi vstupním a výstupním měřením v celkovém čase, ani v žádných dílčích segmentech (vždy $p > 0,05$).

Diskuze

Hlavním zjištěním studie bylo, že nebyl potvrzen významný vliv neuromuskulárního intervenčního programu KneeRugbyWomen na rychlost se změnou směru

pohybu u amatérských ragbistek hodnocenou 505 agility testem. Hypotéza tedy nebyla potvrzena. U ES došlo ke statisticky nevýznamnému zlepšení a u KS k nevýznamnému zhoršení testového skóre při otočce na dominantní i nedominantní dolní končetinu.

Přestože v této studii nebyl zjištěn pozitivní vliv tréninkového programu KneeRugbyWomen na rychlost se změnou směru, předchozí studie (Sikora et al., 2023) prokázala pozitivní vliv tohoto tréninkového programu na reaktivní silový index (RSI), který je spojen se schopností produkovat sílu v cyklu protažení-zkrácení

svalu a je rovněž považován za indikátor rizika zranění. Naopak u indikátorů, které nevyžadovaly maximální úsilí (tuhost dolních končetin), nebo hodnotících biomechaniku dopadu (LESS skóre), účinek nebyl rovněž prokázán. Jako možné vysvětlení rozdílnosti výsledků studií spatřujeme ve větší míře podobnosti obsahu programu s pohybovým obsahem testů u reaktivní síly, kdy byla využita plyometrická cvičení v tréninkovém programu a test 5 maximálních skoků při ověřování jeho účinnosti. Na rozdíl od jiných studií (De Ste Croix et al., 2018), ve kterých byl potvrzen pozitivní vliv tréninkového programu, nebyla rychlost se změnou směru, kterou hodnotí 505 agility test, v naší ověřované programu obsažena.

Výsledky testování mohly být ovlivněny mnoha faktory, jako je technika pohybu, lineární rychlost, silové schopnosti a kratší doba kontaktu při změně pohybu (Dos'Santos et al., 2017), které jsou důležitými determinantami výkonu v testech rychlosti se změnou směru pohybu. Při familiarizaci byl představen 505 agility test a učena technika pro minimalizaci zkrácení technicky špatného provedení testu. Nicméně samotná technika pohybu a cvičení lineární rychlosti nebyly v programu obsaženy, na rozdíl od silových cvičení, na které byl v tréninku kladen důraz. Dřívější studie poukazují na další aspekty, které mohly ovlivnit zjištění této studie, jako je úroveň výkonnosti, věk, pohlaví, celkový počet tréninků (Faude et al., 2017), frekvence (De Ste Croix et al., 2018), celkový objem zatížení (Irmischer et al., 2004; Kiani et al., 2010), či kvalita provedení jednotlivých cvičení (Padua et al., 2015). V naší studii byla technika učena před samotnou intervencí a v průběhu tréninku kontrolována přítomnými trenéry. Zvládnutí správné techniky bylo také podmínkou pro postup na vyšší úroveň provedení daného cviku. Vyšší účinnost prevence se ukazuje u více trénovaných jedinců oproti méně trénovaným a u starších oproti mladším (Faude et al., 2017). Celková doba preventivní tréninkové jednotky se ukazuje jako účinná v rozmezí 15-30 minut (Faude et al., 2017; Kiani et al., 2010). Zde však je započítáno i rozcvičení, které v našem programu absolvovala ES spolu s KS a není v době trvání intervence započteno. U programu KneeRugbyWomen proto můžeme konstatovat, že délka trvání (10 minut) a délka standardního rozcvičení (15 minut) odpovídala délce trvání úspěšných preventivních tréninkových programů. Z hlediska frekvence je doporučováno absolvovat pro úspěšnost programu minimálně 1,5 tréninků za týden (Barengo et al., 2014). Tento požadavek byl v naší studii splněn, neboť tréninkový program byl zařazen dvakrát týdně. Co však nekorespondovalo s aktuálními poznatky (LaBella et al., 2011; Taylor et al., 2013), byl celkový objem zatížení, kdy program KneeRugbyWomen trval 4 hodiny, avšak pozitivní efekt prevence zranění byl prokázán až při 10 hodinách.

Limity

Za limit lze považovat skutečnost, že v tréninkovém programu byly zahrnuty balanční, silové a plyometrické cvičení, naopak nebyl zahrnut trénink rychlosti se změnou směru (De Ste Croix et al., 2018) a trénink sportovních dovedností (Nessler et al., 2017), které do preventivních tréninkových programů zahrnovaly jiné úspěšné programy v jiných sportech. Dalším limitem je absence stanovení úrovně flexibility, neboť se předpokládá odpovídající úroveň flexibility pro účinnost preventivních tréninkových programů (Faude et al., 2017). V neposlední řadě výsledky této studie by měly být zobecněny pouze na podobné skupiny sportovkyň, přičemž je třeba zohlednit nízký počet probandek v ES a KS. Ten byl však dán specifiky amatérského ženského ragby.

Závěry

Nebyl potvrzen významný vliv krátkodobého 12týdenního neuromuskulárního intervenčního programu KneeRugbyWomen, který byl minimalizován z hlediska objemu, na rychlost se změnou směru pohybu u amatérských ragbistek hodnocený 505 agility testem. Doporučujeme ověřit účinnost programu na rychlost se změnou směru pohybu a další potenciální indikátory rizika zranění dolních končetin s delším celkovým objemem zatížení, který by byl uplatnitelný v podmínkách amatérského ragby.

Dedikace

Studie vznikla v rámci projektu IGA (IGA_FTK_2021_008) „Vliv programu KneeRugbyWomen na indikátory rizika zranění kolenního kloubu u ragbistek starších 15 let“.

Reference

- Barengo, N. C., Meneses-Echavez, J. F., Ramirez-Velez, R., Cohen, D. D., Tovar, G., & Bautista, J. E. (2014). The impact of the FIFA 11+ training program on injury prevention in football players: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(11), 11986–12000. <https://doi.org/10.3390/ijerph11111986>
- Bram, J. T., Magee, L. C., Mehta, N. N., Patel, N. M., & Ganley, T. J. (2020). Anterior cruciate ligament injury incidence in adolescent athletes: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 49(7), 1962–1972. <https://doi.org/10.1177/0363546520959619>
- Carrasco-Huenulef, C., Poblete-Garrido, M., Monrroy-Uarac, M., Ramirez-Campillo, R., Moran, J., & Gajardo-Burgos, R. (2019). Effects of a neuromuscular training program on anterior cruciate ligament injury risk factors in youth female basketball players: A pilot study. *Gazzetta Medica Italiana*

- Archivio per Le Scienze Mediche*, 178(3), 137–144. <https://doi.org/10.23736/S0393-3660.18.03731-2>
- Clarke, R., Read, P. J., De Ste Croix, M., & Hughes, J. (2020). Phases of the traditional 505 test: Between session and direction reliability. *Movement & Sport Sciences – Science & Motricité*, 110(4), 21–27. <https://doi.org/10.1051/sm/2020010>
- Clarke, R., Read, P. J., De Ste Croix, M., & Hughes, J. (2022). The deceleration deficit: A novel field-based method to quantify deceleration during change of direction performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(9), 2434–2439. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003856>
- De Ste Croix, M., Hughes, J., Ayala, F., Taylor, L., & Datson, N. (2018). Efficacy of injury prevention training is greater for high-risk vs low-risk elite female youth soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 46(13), 3271–3280. <https://doi.org/10.1177/0363546518795677>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2018). The effect of angle and velocity on change of direction biomechanics: An angle-velocity trade-off. *Sports Medicine*, 48(10), 2235–2253. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0968-3>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A., & Comfort, P. (2019). Assessing asymmetries in change of direction speed performance: Application of change of direction deficit. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(11), 2953–2961. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002438>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A., & Comfort, P. (2017). Mechanical determinants of faster change of direction speed performance in male athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 696–705. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001535>
- Draper, J., & Lancaster, M. (1985). The 505 test: A test for agility in the horizontal plane. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(1), 15–18.
- Evans, K. L., Hughes, J., & Williams, M. D. (2018). Reduced severity of lumbo-pelvic-hip injuries in professional Rugby Union players following tailored preventative programmes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(3), 274–279. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.07.004>
- Faude, O., Rössler, R., Petushek, E. J., Roth, R., Zahner, L., & Donath, L. (2017). Neuromuscular adaptations to multimodal injury prevention programs in youth sports: A systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Physiology*, 8, Article 791. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00791>
- Guan, Y., Bredin, S. S. D., Taunton, J., Jiang, Q., Wu, N., & Warburton, D. E. R. (2022). Association between inter-limb asymmetries in lower-limb functional performance and sport injury: A systematic review of prospective cohort studies. *Journal of Clinical Medicine*, 11(2), Article 360. <https://doi.org/10.3390/jcm11020360>
- Havens, K. L., & Sigward, S. M. (2015). Cutting mechanics: Relation to performance and anterior cruciate ligament injury risk. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(4), 818–824. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000470>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., & Quatman, C. E. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of Orthopaedic Research*, 34(11), 1843–1855. <https://doi.org/10.1002/jor.23414>
- Hislop, M. D., Stokes, K. A., Williams, S., McKay, C. D., England, M. E., Kemp, S. P. T., & Trewartha, G. (2016). The efficacy of a movement control exercise programme to reduce injuries in youth rugby: A cluster randomised controlled trial. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000043>
- Irmischer, B. S., Harris, C., Pfeiffer, R. P., DeBeliso, M. A., Adams, K. J., & Shea, K. (2004). Effect of a knee ligament injury prevention exercise program on impact forces in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 703–707. <https://doi.org/10.1519/R-13473.1>
- Jones, P., Bampouras, T. M., & Marrin, K. (2009). An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 97–104.
- LaBella, R. C., Huxford, R. M., Grissom, J., Kim, K.-Y., Peng, J., & Christoffel, K. K. (2011). Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and basketball athletes in urban public high schools. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 165(11), 1033–1040. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.168>
- Leahy, T. M., Kenny, I. C., Campbell, M. J., Warrington, G. S., Cahalan, R., Harrison, A. J., Lyons, M., Glynn, L. G., Purtill, H., & Comyns, T. M. (2020). Injury surveillance and prevention practices across Rugby schools in Ireland. *Physical Therapy in Sport*, 43, 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.02.006>
- Luo, S., Soh, K. G., Zhao, Y., Soh, K. L., Sun, H., Nasiruddin, N. J. M., Zhai, X., & Ma, L. (2023). Effect of core training on athletic and skill performance of basketball players: A systematic review. *PLoS ONE*, 18(6), e0287379. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287379>
- Kiani, A., Hellquist, E., Ahlqvist, K., Gedeberg, R., Michaëlsen, K., & Byberg, L. (2010). Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Archives of Internal Medicine*, 170(1), 43–49. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.289>
- Monajati, A., Larumbe-Zabala, E., Goss-Sampson, M., & Naclerio, F. (2016). The effectiveness of injury prevention programs to modify risk factors for non-contact anterior cruciate ligament and hamstring injuries in uninjured team sports athletes: A systematic review. *PLoS ONE*, 11(5), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155272>
- Myklebust, G., Engebretse, L., Braekken, H. I., Skjølberg, A., Olsen, E. O., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: A prospective intervention study over three seasons. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13(2), 71–78. <https://doi.org/10.1097/00042752-200303000-00002>
- Nessler, T., Denney, L., & Sampley, J. (2017). ACL injury prevention: What does research tell us? *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 10(3), 281–288. <https://doi.org/10.1007/s12178-017-9416-5>
- Nimphius, S. (2014). Increasing agility. In D. Joyce & D. Lewindon (Eds.), *High-Performance Training for Sports* (pp. 185–198). Human Kinetics.
- Padua, D. A., DiStefano, L. J., Beutler, A. I., De La Motte, S. J., DiStefano, M. J., & Marshall, S. W. (2015). The Landing Error Scoring System as a screening tool for an anterior cruciate ligament injury-prevention program in elite-youth soccer athletes. *Journal of Athletic Training*, 50(6), 589–595. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.1.10>
- Pallant, J. (2011). *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using the SPSS program*. Allen & Unwin.
- Palmer-Green, D. S., Stokes, K. A., Fuller, C. W., England, M., Kemp, S. P. T., & Trewartha, G. (2013). Match injuries in english youth academy and schools rugby union: An epidemiological study. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(4), 749–755. <https://doi.org/10.1177/0363546512473818>

- Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynnon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., Georgoulis, T., Hewett, T. E., Johnson, R., Krosshaug, T., Mandelbaum, B., Micheli, L., Myklebust, G., Roos, E., Roos, H., Schamasch, P., Shultz, S., Werner, S., Wojtyś, E., & Engebretsen, L. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: An International Olympic Committee current concepts statement. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 394–412. <http://doi.org/10.1136/bjsm.2008.048934>
- Sikora, O., Lehnert, M., Hanzlíková, I., & Hughes, J. (2023). The impact of a novel neuromuscular training program on leg stiffness, reactive strength, and landing biomechanics in amateur female rugby players. *Applied Sciences*, 13(3), Article 1979. <https://doi.org/10.3390/app13031979>
- Takazawa, Y., Nagayama, M., Ikeda, H., Kawasaki, T., Ishijima, M., Saita, Y., Kaneko, H., Kobayashi, Y., Hada, S., & Kaneko, K. (2015). Anterior cruciate ligament injuries in elite and high school rugby players: A 11-year review, *The Physician and Sportsmedicine*, 44(1), 53–58. <https://doi.org/10.1080/00913847.2016.1116362>
- Taylor, B. J., Waxman, P. J., Richter, J. S., & Shultz, J. S. (2013). Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(2), 79–87. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092358>

The impact of a neuromuscular training program on change of direction speed in amateur female rugby

Background: Rugby is a sport with a high incidence of injuries. Knee injuries (specifically anterior cruciate ligament) are a common injury in rugby with a long period of rehabilitation. Primary cause of non-contact knee injury occurs during a change of direction. This can be prevented with effective training programs that can reduce incidence of injuries by up to half. At the same time, the connection between the results of change of direction speed tests and injury prevention is shown. **Objective:** The study aim was to verify the influence of the neuromuscular training program on change of direction speed in amateur female rugby. **Methods:** A 12-weeks experimental study aimed to verify the neuromuscular training program (KneeRugbyWomen) on change of direction speed in amateur female rugby. Participants were divided into experimental group ($n = 12$, age: 20.05 ± 4.43 years, height: 166.54 ± 4.46 cm, weight: 64.65 ± 6.44 kg) and control group ($n = 12$, age: 20.04 ± 4.88 years, height: 166.83 ± 7.30 cm, weight: 69.83 ± 12.84 kg). Participants were tested twice, in a week before and immediately after the 12-weeks intervention. The 505 agility test was used, which focuses on change of direction speed and a 180° turn. Experimental group performed twice a week 10-minute KneeRugbyWomen neuromuscular training program consisting of balance, strength using resistance bands, and plyometric. Control group had rugby-specific passing drills in their program. **Results:** Program effect on the change of direction speed was not proved. Total time for turning on both lower limbs was statistically significantly different at the second measurement compared to the first one. **Conclusions:** A significant effect of 12-weeks neuromuscular training program on change of direction speed in amateur female rugby players assessed by 505 agility test was not confirmed. Program effect needs to be verified in a higher volume of the longer total training load.

Keywords: injury prevention; 505 agility test; anterior cruciate ligament