

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

DISERTAČNÍ PRÁCE

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Vliv vektoru silového zatěžování na rychlostně-
silové předpoklady u hráčů házené

Zpracoval

Mgr. Jan Petružela

Školitel

doc. PhDr. Petr Šťastný, PhD.

Školící pracoviště: Katedra Sportovních her FTVS – UK

Obor: Kinantropologie

Praha 2025

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně pod vedením školitele doc. PhDr. Petra Šťastného, Ph.D., a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce, ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného titulu.

Mgr. Jan Petružela

Rád bych touto cestou vyjádřil hluboké poděkování svému školiteli, doc. PhDr. Petru Šťastnému, PhD., za jeho mimořádnou odbornou podporu, cenné metodické připomínky a trpělivé vedení během celého období mého doktorského studia a při zpracování této disertační práce. Přestože tento proces nebyl vždy jednoduchý a často přinášel řadu výzev, jeho profesionální přístup a podpora mi pomohly překonat obtížné okamžiky a úspěšně dokončit práci.

Zároveň vyslovuji svůj upřímný vděk všem členům Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze za poskytnutí kvalitního zázemí, technického vybavení a odborného prostředí, které významně přispěly k realizaci mého výzkumu.

V neposlední řadě děkuji své rodině a blízkým za jejich trvalou podporu, pochopení a trpělivost, které mi poskytovali během celého náročného období studia a tvorby této disertační práce. Bez jejich pomoci by zvládnutí tohoto úkolu nebylo možné.

Abstrakt

Autor: Mgr. Jan Petružela

Název: Vliv vektoru silového zatěžování na rychlostně-silové předpoklady u hráčů házené

Cíle práce: Cílem této disertační práce bylo analyzovat a porovnat účinky bilaterálního a unilaterálního silového tréninku s odlišnou orientací silového vektoru (bilaterální-vertikální a unilaterální-horizontální trénink) na vybrané výkonnostní a neuromuskulární ukazateleu elitních mládežnických hráčů házené. Výzkum reaguje na dosud neřešené mezery v literatuře týkající se aplikace směrově specifického silového tréninku (tzv. force-vector specific training) u adolescentní sportovní populace v podmínkách dlouhodobého rozvoje sportovce.

Metoda: Výzkum byl v soutěžním období realizován formou experimentální intervenční studie s využitím randomizovaného cross-over designu, který umožňuje porovnání účinků rozdílných tréninkových modalit v rámci jednoho souboru. Celkem 31 elitních mládežnických hráčů házené (věk $16,7 \pm 0,5$ let) absolvovalo tři na sebe navazující šestitýdenní fáze: bilaterální-vertikální trénink (BI), unilaterální-horizontální trénink (UNI) a kontrolní skupina bez specifické silové intervence (CON). Mezi jednotlivými fázemi byla zařazena šesti týdenní „wash-out“ perioda, která sloužila k minimalizaci přenosových efektů předchozího zatížení.

Bilaterální trénink byl zaměřen na rozvoj vertikální síly prostřednictvím tradičních cviků výtahy osy s krčením ramen od poloviny stehen, skoky s hex osou, Rumunský mrtvý tah, zatímco unilaterální trénink cílil na horizontální složku síly pomocí tlačení saní, přemístění jednoruček od stehen do stříhu s dokrokem na box a zvedání pánve s velkou osou s oporou jedné nohy. Oba typy tréninku byly vedeny s důrazem na technické provedení a frekvence zatížení činila dvě silové jednotky týdně.

Testování probíhalo před a po každé fázi a zahrnovalo komplexní baterii výkonnostních testů. Výbušná síla dolních končetin byla hodnocena pomocí výskoku s protipohybem na silové desce. Horizontální výkonnost byla ověřena pomocí skoku do dálky z místa z obou končetin a z jedné končetiny. Výkon v rychlosti byl posouzen na vzdálenostech 10 m a 30 m (čas měřen fotobuňkami). Agilita byla měřena pomocí T-testu. Dále byla

hodnocena izometrická síla tahu, rychlost hodu (radarovým zařízením) a izokinetická síla rotátorů ramenního kloubu (dynamometr při 60°/s a 180°/s).

Statistická analýza vycházela ze dvou komplementárních přístupů. Prvním bylo testování hlavních efektů pomocí dvoufaktorové analýzy rozptylu s opakovaným měřením (ANOVA, faktor čas × skupina × trénink) a následné post-hoc testy s Bonferroniho korekcí. Druhým přístupem byla analýza efektových velikostí (Cohenovo d) mezi jednotlivými fázemi, která poskytla informaci o praktickém významu zjištěných změn bez závislosti na statistické síle. Statistická významnost byla stanovena na hladině $\alpha = 0,05$.

Veškerá data byla analyzována pomocí statistického softwaru Jamovi (verze 2.4.8.0; The Jamovi Project, Sydney, Austrálie) a prezentována jako průměrné hodnoty se směrodatnými odchylkami ($\pm$ SD) a 95% intervaly spolehlivosti (CI). Grafy byly vykreslovány v programu Python (verze 3.12.3; Python Software Foundation, Wilmington, USA). Normalita rozdělení byla ověřena pomocí Shapiro–Wilkova testu a homogenita rozptylů pomocí Leveneova testu. Sfericita v opakovaných měřeních byla posouzena pomocí Mauchlyho testu, a v případě jejího porušení byla aplikována Greenhouse–Geisserova korekce. Analýzy byly prováděny s využitím Type III sum of squares.

Výzkum byl schválen etickou komisí FTVS UK a všichni účastníci (včetně zákonných zástupců) poskytli informovaný souhlas.

Výsledky: Obě aplikované tréninkové intervence – bilaterální-vertikální i unilaterální-horizontální – vedly ke statisticky významnému zlepšení ve vybraných výkonnostních a neuromuskulárních parametrech. Nejvýraznější změny byly pozorovány po bilaterální intervenci, která vedla k signifikantnímu zvýšení výšky vertikálního výskoku v testu výskoku s protipohybem ($p < 0,001$), rychlosti hodu na branku ze tříkrokového rozběhu ($p = 0,006$) a izokinetické síly vnější rotace ramenního kloubu při úhlové rychlosti 180°/s ($p = 0,010$). Efektové velikosti těchto změn dosahovaly středních až velkých hodnot ($d = 0,66$ – $0,72$), což ukazuje na jejich praktickou významnost.

Unilaterální-horizontální trénink prokázal nejvyšší efekt v testu akcelerace na 10 metrů, kde došlo ke statisticky významnému zlepšení ($p = 0,027$). V ostatních parametrech, jako

jsou výška výskoku, izometrická síla dolních končetin měřená v testu izometrického tahu od poloviny stehen, nebo rychlost hodu, však byla účinnost unilaterální varianty nižší než u přístupu bilaterálního.

Statistická analýza hlavního efektu faktoru času prokázala významný vliv intervence napříč celým výzkumným souborem v testech: výška výskoku ($p < 0,001$), rychlost hodu ($p = 0,006$), izometrická síla dolních končetin ($p < 0,001$), akcelerace na 10 metrů ($p = 0,027$) a izokinetická síla rotace ramene při rychlostech $60^\circ/\text{s}$ a $180^\circ/\text{s}$ ($p < 0,001$; $p = 0,010$). Interakční efekt čas x skupina byl zaznamenán výhradně u rychlosti hodu ($p = 0,017$), což potvrzuje rozdílný přenos obou forem zatížení na herně specifické dovednosti.

V testu agility typu T-test nebyla zaznamenána žádná statisticky významná změna ani interakce. V kontrolní skupině nebyly zaznamenány žádné statisticky významné změny v žádném ze sledovaných ukazatelů, což potvrzuje, že zlepšení výkonnosti bylo důsledkem cílené silové intervence v expertních skupinách.

Závěr: Získané výsledky potvrzují, že bilaterální i unilaterální silový trénink se specifickou orientací silového vektoru mají potenciál efektivně rozvíjet klíčové složky výkonu mladých elitních hráčů házené. Bilaterální trénink, zaměřený na rozvoj vertikální síly, se ukázal jako efektivnější v rozvoji absolutní síly, výbušné síly a rychlosti hodu. Naproti tomu unilaterální trénink prokázal vyšší účinnost ve zlepšení akcelerace. Tyto výsledky podporují koncept specifity směru silového působení a podtrhují význam promyšleného výběru tréninkové modalit v závislosti na cílovém výkonu a herním zatížení. Práce přináší cenné podklady pro optimalizaci kondiční přípravy v mládežnických kolektivních sportech a doporučení pro periodizaci silového tréninku s ohledem na jeho směr, formu a přenos do sportovního výkonu.

Klíčová slova: silový trénink, silový vektor, bilaterální zatížení, unilaterální zatížení, házená, výbušná síla

Abstract

Author: Mgr. Jan Petružela

Title: The Effect of Strength Vector Orientation on Speed-Strength Capacities in Handball Players

Objective: The aim of this dissertation was to analyze and compare the effects of bilateral and unilateral strength training with different force vector orientations (bilateral-vertical and unilateral-horizontal training) on selected performance and neuromuscular parameters in elite youth handball players. The research addresses unresolved gaps in the literature regarding the application of direction-specific strength training (so-called force-vector specific training) in adolescent athletic populations within the context of long-term athletic development.

Methods: The research was conducted during the competitive season as an experimental intervention study using a randomized crossover design, which allowed the comparison of the effects of different training modalities within the same sample. A total of 31 elite youth handball players (age $16,7 \pm 0,5$ years) completed three consecutive six-week phases: bilateral-vertical training (BI), unilateral-horizontal training (UNI), and a control group without specific strength intervention (CON). Between each phase, a six-week wash-out period was implemented to minimize carry-over effects from previous loading.

The bilateral training focused on vertical force development through traditional exercises such as mid-thigh clean pulls, hex-bar squat jumps, and Romanian deadlifts, while the unilateral training targeted the horizontal force component using sled pushes, dumbbell split clean onto a box, and barbell hip thrusts with single-leg support. Both types of training emphasized technical execution and were performed at a frequency of two strength sessions per week.

Testing was conducted before and after each phase and included a comprehensive battery of performance assessments. Explosive lower limb strength was evaluated using

countermovement jump on a force platform. Horizontal performance was assessed via standing long jump from both legs and from one leg. Speed performance was evaluated over distances of 10 m and 30 m (timed by photocells). Agility was assessed using the T-test. Further, isometric pull strength, throwing velocity (measured by radar device), and isokinetic strength of the shoulder rotators (dynamometer at 60°/s and 180°/s) were evaluated.

Statistical analysis was based on two complementary approaches. The first involved testing main effects using two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA; factors: time $\times$ group $\times$ training) and subsequent post-hoc tests with Bonferroni correction. The second approach was the analysis of effect sizes (Cohen's d) between individual phases, providing information on the practical significance of the observed changes regardless of statistical power. Statistical significance was set at $\alpha = 0,05$.

All data were analyzed using the Jamovi statistical software (version 2.4.8.0; The Jamovi Project, Sydney, Australia) and presented as mean values with standard deviations ($\pm$ SD) and 95% confidence intervals (CI). Graphs were generated using Python (version 3.12.3; Python Software Foundation, Wilmington, USA). Normality of distribution was tested using the Shapiro–Wilk test and homogeneity of variances with Levene's test. Sphericity in repeated measures was assessed using Mauchly's test, and if violated, the Greenhouse–Geisser correction was applied. Analyses were performed using Type III sum of squares.

The research was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Physical Education and Sport, Charles University, and all participants provided informed consent.

Results: Both applied training interventions—bilateral-vertical and unilateral-horizontal—led to statistically significant improvements in selected performance and neuromuscular parameters. The most pronounced changes were observed following the bilateral intervention, which resulted in a significant increase in vertical jump height in the countermovement jump test ($p < 0,001$), throwing velocity from a three-step approach ($p = 0,006$), and isokinetic strength of external shoulder rotation at an angular velocity of 180°/s ($p = 0,010$). The effect sizes of these changes were moderate to large ($d = 0,66$ – $0,72$), indicating practical significance.

The unilateral-horizontal training showed the highest effect in 10-meter sprint acceleration, where a statistically significant improvement was observed ($p = 0.027$). For other parameters, such as jump height, lower limb isometric strength measured in the isometric mid-thigh pull test, or throwing velocity, the efficacy of the unilateral protocol was lower than that of the bilateral approach.

Statistical analysis of the main effect of the time factor showed a significant influence of the intervention across the entire research sample in the following tests: jump height ($p < 0.001$), throwing velocity ($p = 0.006$), lower limb isometric strength ($p < 0.001$), 10-meter sprint acceleration ($p = 0.027$), and isokinetic shoulder rotation strength at $60^\circ/\text{s}$ and $180^\circ/\text{s}$ ($p < 0.001$; $p = 0.010$). A significant time $\times$ group interaction was recorded only for throwing velocity ($p = 0.017$), confirming the different transfer effects of the two forms of loading on sport-specific skills.

No statistically significant change or interaction was observed in the agility T-test. No statistically significant changes were found in the control group in any of the monitored indicators, confirming that performance improvements were a result of targeted strength intervention in the experimental groups.

Conclusion: The findings confirm that both bilateral and unilateral strength training with specific force vector orientation have the potential to effectively develop key performance components in young elite handball players. Bilateral training aimed at developing vertical force proved to be more effective in improving absolute strength, explosive strength, and throwing velocity. In contrast, unilateral training demonstrated greater effectiveness in enhancing acceleration. These results support the concept of directional force specificity and underscore the importance of thoughtful selection of training modalities based on target performance and sport-specific demands. The study provides valuable input for optimizing strength and conditioning in youth team sports and recommendations for periodizing strength training with regard to its direction, form, and transfer to sport performance.

Keywords: strength training, force vector, bilateral loading, unilateral loading, handball, power

Svoluji k zapůjčení své disertační práce ke studijním účelům. Prosím, aby byla vedena přesná evidence zapůjčovatелů, kteří musí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno, příjmení	Číslo OP	Datum vypůjčení	Poznámky

OBSAH

ÚVOD.....	16
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	19
1.1 CHARAKTERISTIKA HÁZENÉ A ZMĚNY V PRAVIDLECH.....	19
2 HERNÍ VÝKON V HÁZENÉ.....	21
3 VÝZNAM KONDICE V HÁZENÉ.....	23
4 KONDIČNÍ SCHOPNOSTI V HÁZENÉ.....	30
4.1 SÍLA.....	30
4.2 RYCHLOST.....	31
4.3 VYTRVALOST.....	31
4.4 KOORDINAČNÍ SCHOPNOSTI.....	32
4.5 FLEXIBILITA (POHYBLIVOST).....	32
5 SPECIFIKA ROZVOJE SÍLY A VEKTORŮ SILOVÉHO ZATĚŽOVÁNÍ.....	33
5.1 ZÁKLADNÍ PRINCIPY SILOVÉHO TRÉNINKU.....	33
5.2 SUPERKOMPENZACE A PRINCIP ZATÍŽENÍ.....	33
5.3 METODY SILOVÉHO TRÉNINKU PODLE DIETZE A ZATSORSKY.....	34
5.3.1 <i>Metoda opakovaného úsilí.....</i>	<i>34</i>
5.3.2 <i>Metoda maximálního úsilí.....</i>	<i>35</i>
5.3.3 <i>Metoda dynamického úsilí.....</i>	<i>36</i>
5.3.4 <i>Tempo pohybu.....</i>	<i>41</i>
5.3.5 <i>Odpočinek mezi sériemi.....</i>	<i>42</i>
5.4 ORIENTACE SILOVÉHO VEKTORU VE SPORTOVNÍ PŘÍPRAVĚ.....	42
5.4.1 <i>Horizontální vs. vertikální silové vektory:.....</i>	<i>42</i>
5.4.2 <i>Bilaterální vs. unilaterální silový trénink.....</i>	<i>44</i>
5.4.3 <i>Silový trénink a specifita zatížení v mládežnickém tréninku.....</i>	<i>46</i>
5.4.4 <i>Specifické herní dovednosti a jejich determinanty.....</i>	<i>50</i>
6 DIAGNOSTIKA HERNÍHO VÝKONU.....	53
7 VÝZKUMNÉ MEZERY A PŘÍNOS SOUČASNÉ STUDIE.....	58
8 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	61

8.1	CÍLE PRÁCE.....	61
8.2	HYPOTÉZY.....	61
9	METODOLOGIE.....	62
9.1	DESIGN EXPERIMENTU.....	62
9.2	STATISTICKÁ ANALÝZA.....	64
9.3	CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU.....	65
9.4	ETICKÁ KOMISE A INFORMOVANÝ SOUHLAS.....	67
9.5	TESTOVÁ BATERIE A PRŮBĚH TESTOVÁNÍ.....	67
9.5.1	<i>Charakteristika a metodika vybraných testů.....</i>	<i>70</i>
9.6	STRUKTURA TRÉNINKOVÉHO OBDOBÍ.....	73
9.7	STRUKTURA TRÉNINKU.....	74
9.7.1	<i>Bilaterální – Vertikální trénink.....</i>	<i>77</i>
9.7.2	<i>Unilaterální – Horizontální trénink.....</i>	<i>79</i>
10	VÝSLEDKY.....	83
10.1	SKUPINOVÁ ANALÝZA AGREGOVANÝCH DAT.....	83
10.1.1	<i>Skok do dálky z místa z obou nohou.....</i>	<i>85</i>
10.1.2	<i>Skok do dálky z místa z levé nohy.....</i>	<i>86</i>
10.1.3	<i>Skok do dálky z místa z pravé nohy.....</i>	<i>87</i>
10.1.4	<i>Výskok s protipohybem.....</i>	<i>88</i>
10.1.5	<i>Tělesné složení a tělesná výška (Výška, Váha ECW, ICW).....</i>	<i>90</i>
10.1.6	<i>Izometrický tah od poloviny stehén.....</i>	<i>91</i>
10.1.7	<i>Izokinetická síla ramene 60°/s a 180°/s.....</i>	<i>92</i>
10.1.8	<i>Rychlost na 10 m a 30 m.....</i>	<i>94</i>
10.1.9	<i>Hod míčem ze tří kroků.....</i>	<i>95</i>
10.1.10	<i>T-test.....</i>	<i>96</i>
10.1.11	<i>Porovnání efektu bilaterálního–vertikálního tréninku a unilaterálního-horizontálního tréninku v agregovaném přístupu sloučených dat.....</i>	<i>97</i>
10.2	FAKTORIÁLNÍ ČASOVĚ SPECIFICKÁ ANALÝZA TRÉNINKOVÝCH EFEKTŮ.....	100
10.2.1	<i>Skok do dálky z místa z obou nohou.....</i>	<i>102</i>
10.2.2	<i>Skok do dálky z místa z levé nohy.....</i>	<i>104</i>
10.2.3	<i>Skok do dálky z místa z pravé nohy.....</i>	<i>105</i>
10.2.4	<i>Výskok s protipohybem.....</i>	<i>106</i>

10.2.5	<i>Tělesné složení a tělesná výška (Výška, Váha ECW, ICW)</i>	108
10.2.6	<i>Izometrický tah od poloviny steh</i>	108
10.2.7	<i>Izokinetická síla ramene při rychlostech 60°/s a 180°/s</i>	110
10.2.8	<i>Rychlost na 10 m a 30 m</i>	111
10.2.9	<i>Hod míčem ze tříkrokového rytmu</i>	114
10.2.10	<i>T-test</i>	115
10.2.11	<i>Porovnání efektu bilaterálního – vertikálního tréninku a unilaterálního horizontálního tréninku ve faktoriálním přístupu časově specifické analýzy dat</i>	116
11	DISKUZE	120
11.1	SHRnutí HLAVNÍCH ZJIŠTĚNÍ	120
11.1.1	<i>Efektivita bilaterálního – vertikálně orientovaného tréninku</i>	121
11.1.2	<i>Specifické efekty unilaterálního – horizontálně orientovaného tréninku</i>	122
11.1.3	<i>Překvapivá účinnost testů bez ohledu na vektorovou shodu</i>	122
11.2	VYHODNOCENÍ HYPOTÉZ	124
12	ZÁVĚR A PRAKTICKÁ DOPORUČENÍ	126
13	ZDROJE	128
14	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	143
14.1	SEZNAM OBRÁZKŮ	143
14.2	SEZNAM TABULEK	143
14.3	SEZNAM GRAFŮ	144
15	PŘÍLOHY	146
15.1	VYJÁDŘENÍ ETICKÉ KOMISE	146
15.2	INFORMOVANÝ SOUHLAS	148
15.3	TABULKA 2.: CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU	152

Seznam zkratk

ANOVA	analýza rozptylu
BI	bilaterální-vertikální trénink
UNI	unilaterální-horizontální trénink
CON	kontrolní skupina
SD	směrodatná odchylka
CI	interval spolehlivosti
RM	opakovací maximum (repetition maximum)
OM	opakovací maximum
RFD	rychlost rozvoje síly
ICC	intraklasový korelační koeficient
FTVS	Fakulta tělesné výchovy a sportu
UK	Univerzita Karlova
Python	programovací jazyk Python
PRE	před intervencí/testováním
POST	po intervenci/testování
T-test	test agility typu T-test
BJ	broad jump (skok do dálky z místa)
CMJ	countermovement jump (výskok s protipohybem)
IMTP	isometric mid-thigh pull (izometrický tah od poloviny stehy)
α	hladina statistické významnosti
p	pravděpodobnostní hodnota (p-value)
d	Cohenovo d (efektová velikost)
ECW	extracelulární voda
ICW	intracelulární voda

Úvod

Házená je rychlostně-silový týmový sport s bohatou historií a tradicí v České republice (Tůma & Tkadlec, 2010). Vyznačuje se vysokou intenzitou, dynamikou a četnými kontaktními situacemi. Během utkání hráči opakovaně provádějí výbušné činnosti, jako jsou sprinty, změny směru, výskoky, blokování či střelba. Wagner a kol. (2014) uvádějí, že utkání obsahuje přibližně 30–40 krátkých akcelerací na vzdálenost do 3 metrů a obdobný počet změn směru. Přímé sprinty delší než 10 metrů tvoří pouze 1–3 % herního času, což podtrhuje význam schopnosti rychlé akcelerace a reakce ve zlomových momentech hry.

Z hlediska herních dovedností patří mezi nejčastější a současně nejdůležitější technicko-taktické činnosti střelba z výskoku. Ta vyžaduje unilaterální odraz, koordinaci rotace trupu a paže, dynamickou stabilitu i precizní načasování. Střela z výskoku je podle Wagnera a kol. (2014) nejčastěji používaným typem zakončení. Hráč se přitom často nachází v kontaktu s obráncem a musí v krátkém časovém úseku generovat maximální sílu a přesnost – tedy projevit vysokou úroveň rychlostní a výbušné síly.

Silová připravenost je proto jedním z klíčových determinantů výkonu v házené. Spieszny a Zubik (2018) uvádějí, že úspěšný hráč musí disponovat jak maximální, tak výbušnou a rychlostní silou, a to v různých pohybových kontextech – od obranného kontaktu přes odrazy, sprintování až po střelbu. Willardson (2024) poukazuje na význam síly i v situacích dynamické stability, kontroly těla v běhu a schopnosti udržet pozici proti tlaku obránce. Zatsiorsky a Kraemer (2020) upozorňují, že síla není pouze izolovanou schopností, ale základní komponentou většiny sportovních dovedností. V kontextu kolektivních sportů je proto nutné chápat sílu jako prostředek k efektivnímu provedení specifických herních akcí.

Moderní pojetí silového tréninku upozorňuje na význam orientace vektoru síly. Zatímco tradiční silová cvičení (např. dřepy, mrtvé tahy) rozvíjejí primárně vertikální složku síly v bilaterálním postoji, mnohé klíčové činnosti v házené – akcelerace, změna směru, hod – probíhají v horizontálním směru za účasti jedno oporového postavení. Randell a kol. (2010) a Hicks a kol. (2020) shodně poukazují na význam horizontální produkce síly

v tréninku sportů, kde dominují krátké, směrově specifické pohyby. Zařazení cviků jako zvedání pánve s oporou o lavičku (hip thrust), tlačení saní nebo horizontální výskoky může významně přispět k přenosu silového zisku do specifické herní výkonnosti.

Studie Loturca a kol. (2018) ukazují, že zmíněné zvedání pánve s oporou o lavičku silně koreluje s akcelerací ($r = 0,93$), zatímco squat jump je relevantní pro rozvoj maximální rychlosti ($r = 0,96$). Contreras a kol. (2017) doporučují kombinaci vertikálních a horizontálních cviků pro dosažení komplexního rozvoje silových schopností. Dello Iacono a kol. (2017) potvrzují, že směr odrazu po seskoku a následném výskoku (drop jump) významně ovlivňuje biomechanickou efektivitu a přenos do herní dovednosti.

Zvláštní pozornost je v této disertační práci věnována mládežnické sportovní populaci. Období adolescence je spojeno se zvýšenou plasticitou nervosvalového systému, hormonálními změnami a formováním motorických stereotypů. Lloyd a kol. (2016) a Behm a kol. (2017) označují tuto fázi za „okno příležitosti“ pro efektivní rozvoj síly, techniky a stability. Zároveň však upozorňují na nutnost respektovat biologický věk, úroveň technického zvládnutí pohybu a individualitu jedince.

Gonzalo-Skok a kol. (2017) ve své studii ukazují, že unilaterální trénink nejen snižuje interlimbové asymetrie, ale také přináší větší přenos do činností, které jsou jednostranné – tedy typických pro házenkářskou herní praxi. Také Eliassen a kol. (2018) konstatují, že unilaterální trénink získává na významu právě díky své specifitě a blízkosti reálným herním podmínkám.

Z teoretického hlediska je výchozím rámcem této práce koncept orientace silového vektoru, jak jej systematizovali Morin a Samozino (2016). Force-vector theory předpokládá, že přenos tréninkových adaptací je nejefektivnější tehdy, když směr síly použitý v tréninku odpovídá směru síly v cílové pohybové činnosti. Tento přístup našel široké uplatnění v atletice, fotbale, ragby i basketbalu – a postupně se dostává i do házenkářského prostředí.

Z výše uvedeného vyplývá potřeba vědecky ověřit efektivitu různých forem silového tréninku v kontextu jejich přenosu na výkonové ukazatele v házené. Cílem této disertační

práce je proto porovnat účinky bilaterálního a unilaterálního silového tréninku s odlišnou orientací silového vektoru (vertikální vs. horizontální) u elitních mládežnických hráčů házené. Sledovány budou zejména změny ve výbušné síle, akceleraci, schopnosti změny směru a rychlosti hodu. Práce tak reaguje na aktuální potřebu efektivního a specifického rozvoje výkonu v mládežnickém vrcholovém sportu.

1 Teoretická východiska

1.1 Charakteristika házené a změny v pravidlech

Házená je kolektivní míčová hra hraná na hřišti o rozměrech 40 × 20 metrů, kde proti sobě stojí dvě družstva po sedmi hráčích – šest hráčů v poli a jeden brankář (Michalsik et al., 2013). Cílem hry je dosažení většího počtu branek než soupeř při dodržování pravidel daných Mezinárodní házenkářskou federací (International Handball, 2024).

Současná házená se vyznačuje vysokou intenzitou a frekventovanými přechody mezi útokem a obranou, častými změnami směru, výskoky, sprinty, střelbou a fyzickými kontakty. Tyto rysy jsou důsledkem vývoje pravidel ve 21. století, včetně zrychleného zahájení hry po vstřelené brance nebo možnosti hrát bez brankáře (International Handball, 2024; Ronglan & Grydeland, 2006).

Jednou z nejzásadnějších změn bylo, v roce 2005, zavedení tzv. „rychlého středového rozehrání“ (fast throw-off), které umožňuje okamžité pokračování hry po obdržení gólu, bez nutnosti čekat na návrat soupeřových hráčů za čáru. Tato úprava vedla ke zvýšení tempa utkání, nárůstu počtu gólových příležitostí a vyžaduje od hráčů lepší kondiční připravenost a schopnost rychlého rozhodování v přechodové fázi (Póvoas et al., 2012). V roce 2022 došlo k razantní změně pravidel o rozehrání. Rychlé rozehrání z běhu z kruhu o průměru čtyři metry umožňuje týmům okamžitě přejít do útoku a v ideálním případě potrestat neorganizovanou obranu soupeře, který ještě nestačil zaujmout obranné postavení. V praxi to znamená, že branka, která dříve sloužila jako „pauza“ pro obranu, se může stát začátkem nového nebezpečného útoku. Výrazně tak narostl význam přechodové fáze (transition game), která se z hlediska fyzické a taktické připravenosti stává jednou z nejdůležitějších složek hry. Současně se zvýšil tlak na obranu, která musí být připravena okamžitě po vstřelení branky reagovat, často v pohybu, bez dostatečného času na reorganizaci. Tato změna zrychlila celkový herní rytmus, zkrátila délku fází bez míče a zvýšila počet střeleckých situací za utkání. Pro kondiční přípravu hráčů to znamená vyšší nároky na opakovatelnost výkonnosti, rychlost reakce a anaerobní kapacitu.

Vývoj tohoto pravidla lze považovat za jeden z hlavních důvodů dynamizace házené v posledních dvou dekadách, protože výrazně omezuje možnost „odpočinku“ během hry a podporuje permanentní pohyb a mentální koncentraci. Pro bránící tým je úspěšné zvládnutí této situace často otázkou připravenosti celého týmu, nikoliv jednotlivce.

Další významnou změnou bylo od roku 2016 povolení hry bez brankáře – tým může kdykoli nahradit gólmana sedmým hráčem v poli. Tento prvek výrazně ovlivnil taktiku, zejména v oslabení, kde trenéři mohou volit mezi defenzivní variantou „6 proti 6“, nebo rizikovým, ale výhodnějším „7 proti 6“. IHF zavedla tuto změnu s cílem podpořit kreativitu a ofenzivní aktivitu týmů, avšak zároveň vyžaduje rychlou reorganizaci při ztrátě míče a klade zvýšené nároky na návratovou rychlost hráčů do obrany.

Dále byl snížen počet povolených přihrávek po varování pro pasivní hru z šesti na čtyři, s možností jedné další přihrávky v určitých situacích. Nově také při zasažení brankáře do hlavy míčem během hry místo červené karty nyní hrozí dvouminutový trest. Tyto změny mají hru udělat atraktivnější a bezpečnější.

S vývojem pravidel souvisí také úpravy týkající se střídání, které je v házené neomezené a umožňuje časté rotace hráčů bez nutnosti přerušení hry. Tento faktor posiluje možnost specializace na herní pozice (např. obranní specialisté) a zvyšuje taktické možnosti trenérů, přičemž zároveň vyžaduje, aby hráči byli připraveni na opakované zátěžové vstupy v krátkých časových úsecích.

Výsledkem všech těchto úprav je dynamizace hry, která se projevuje vyšší frekvencí herních akcí, rychlejšími přechody mezi fázemi hry a menšími pauzami na zotavení. Statistiky ukazují, že počet střel na utkání vzrostl a tempo hry se zvyšuje i na mezinárodní úrovni. Hráči musí být schopni adaptace na měnící se herní podmínky v reálném čase a zvládat náročné tempo utkání jak po fyzické, tak i po mentální stránce.

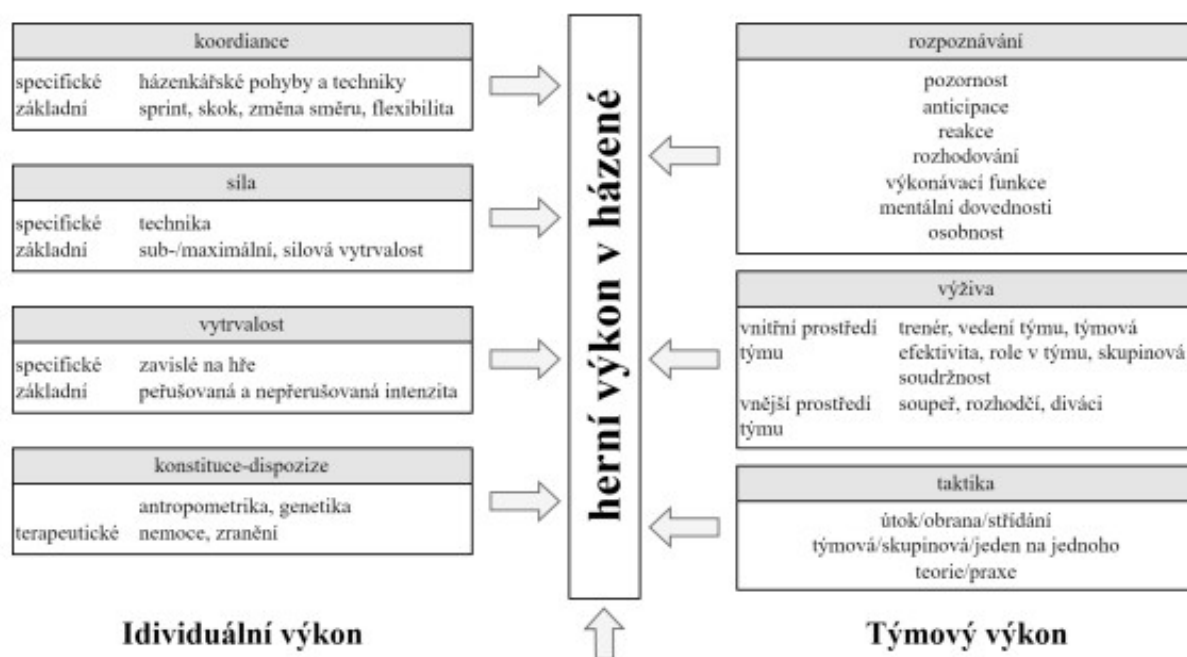
Tento posun přispěl k tomu, že moderní házená se stále více přibližuje charakteristikám sportů s dominantní výbušnou složkou síly, kde o výsledku často rozhodují schopnosti zvládat opakovanou vysokou intenzitu, správně rotovat hráče a efektivně využívat všech možností, která pravidla umožňují.

2 Herní výkon v házené

Herní výkon v házené je výsledkem komplexní souhry technicko-taktických dovedností, psychologických faktorů a fyzické připravenosti. Wagner, Finkenzeller a kol. (2014) rozdělují tento výkon do tří základních složek (obrázek 1):

1. **Individuální výkon** – zahrnuje koordinaci, sílu, vytrvalost, tělesnou konstituci a výživu;
2. **Týmový výkon** – tvoří jej kognitivní schopnosti, mentální dovednosti, sociální dynamika týmu a taktika;
3. **Externí faktory** – zahrnují podmínky prostředí, soupeře, rozhodčí a domácí výhodu.

Obrázek č. 1.: Faktory determinující herní výkon v házené

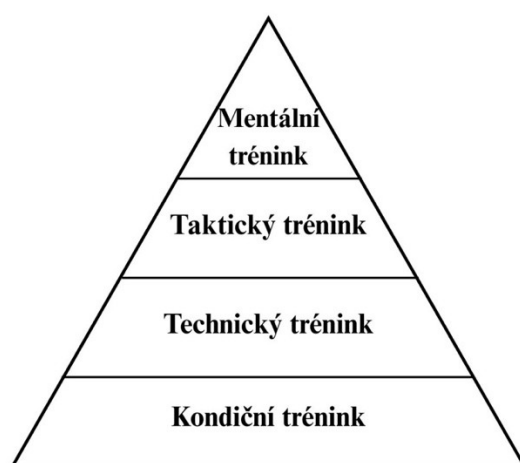


Obrázek č. 1: Převzato a přeloženo ze studie „Individual and team performance in team-handball: A review“. (Wagner et al., 2014)

Bompa a Haff (2009) se věnovali struktuře výkonu více obecně a popisují základní 4 pilíře pyramidu následovně (obrázek č. 2.): Na nejnižší úrovni se nachází kondiční trénink, který tvoří základ celého výkonového systému – zahrnuje rozvoj motorických schopností jako je síla, rychlost, vytrvalost, koordinace a flexibilita. Na něj navazuje technický trénink, jenž umožňuje aplikaci fyzických schopností ve formě specifických dovedností jako je střelba, dribling, blokování či uvolnění. Dále je potřeba rozvíjet taktický trénink, který zahrnuje herní myšlení, schopnost vnímat prostor, rozhodovat se a spolupracovat v rámci týmové struktury. Vrcholem pyramidy je mentální trénink, reprezentující schopnost zvládat stres, soustředit se, udržet motivaci a mentální stabilitu v rozhodujících momentech utkání.

Na nejnižší úrovni se nachází kondiční trénink, který tvoří základ celého výkonového systému – zahrnuje rozvoj motorických schopností jako je síla, rychlost, vytrvalost, koordinace a flexibilita. Na něj navazuje technický trénink, jenž umožňuje aplikaci fyzických schopností ve formě specifických dovedností jako je střelba, dribling, blokování či uvolnění. Právě v házenkářském prostředí nabývá technická složka klíčového významu – zejména u činností, které jsou opakovaně vykonávány pod časovým a prostorovým tlakem, jako je přesná přihrávka a zakončení střelbou.

Obrázek č. 2.: Struktura sportovního výkonu.



Obrázek č. 2: Převzato a přeloženo z „Periodization: Theory and methodology of training“. (Bompa & Haff, 2009)

Výzkum L. B. Michalsika a kol. (2015) ukazuje, že hráči během jednoho utkání provádějí přibližně 36,9 technických činností, přičemž se jedná o šest hlavních typů: střelbu, průniky obrannou, rychlé útoky, obranné zákroky, dále technické a taktické chyby. Autoři zároveň upozorňují, že ve druhém poločase dochází ke statisticky významnému poklesu těchto činností, což naznačuje nástup únavy a má přímý negativní dopad na efektivitu herního výkonu. Tento poznatek ještě více podtrhuje nezbytnost rozvoje všech stránek sportovního výkonu, zejména však kondice, protože s nástupem únavy nebudou hráči schopni provádět správnou techniku, budou méně mentálně odolní a budou se hůře takticky rozhodovat.

Dále je potřeba rozvíjet taktický trénink, který zahrnuje herní myšlení, schopnost vnímat prostor, rozhodovat se a spolupracovat v rámci týmové struktury. Vrcholem pyramidy je mentální trénink, reprezentující schopnost zvládat stres, soustředit se, udržet motivaci a mentální stabilitu v rozhodujících momentech utkání.

Tato struktura tréninku odráží realitu házenkářského výkonu, kde každý úspěch v utkání stojí na souhrě stabilních základních schopností a jejich aplikace v komplexním, proměnlivém herním prostředí.

Je však důležité zdůraznit, že i když je tato struktura často vizualizována jako hierarchická pyramida, nelze z ní mechanicky vyvozovat prioritu jednotlivých složek. Ve skutečnosti se všechny tréninkové sféry dynamicky ovlivňují a vzájemně podmiňují – technická dovednost není efektivní bez kondičního základu, taktické rozhodování je neúčinné bez zvládnuté techniky a fyzické připravenosti a mentální stabilita je důležitá pro zvládnutí každé složky výkonu. Střelba i přihrávka proto nesmí být vnímány izolovaně, ale jako dovednosti, jejichž kvalita je určována souhrou fyzických, kognitivních a psychických složek tréninku.

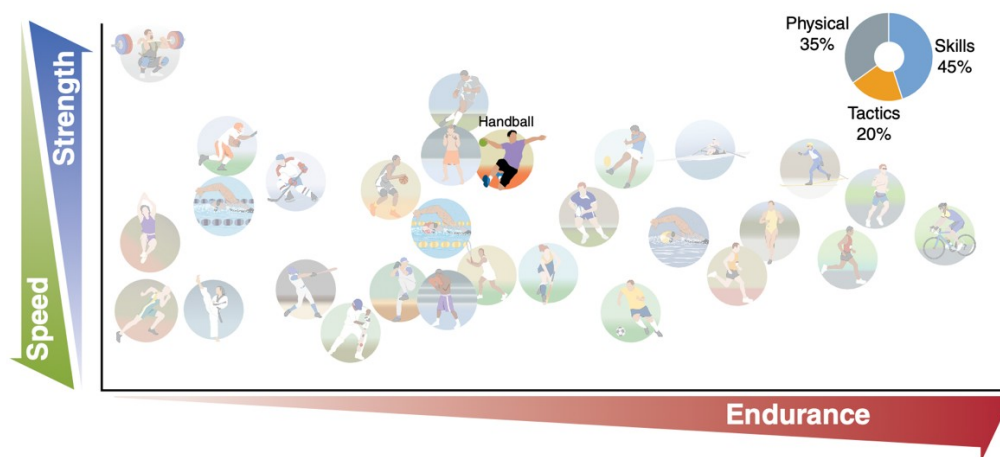
3 Význam kondice v házené

Jak bylo zmíněno v úvodní kapitole, házená je dynamická týmová sportovní hra, charakteristická vysokou intenzitou, častými změnami směru, sprinty, výskoky, kontaktními

situacemi a rychlými přechody mezi útočnou a obrannou fází (Laver et al., 2018; Michalsik et al., 2013). Od svého zařazení mezi olympijské sporty v roce 1972 prošla výrazným vývojem, zejména vlivem změn pravidel – jako je možnost rychlého rozehrání po obdržené brance nebo hra bez brankáře – což vedlo k výraznému zvýšení tempa hry (International Handball, 2024; Ronglan & Grydeland, 2006).

Obrázek č. 3 od Laursena a Buchheita (2019) znázorňuje význam tří hlavních fyzických kapacit důležitých pro elitní úroveň výkonnosti v házené. Je třeba vzít v úvahu, že tyto požadavky se mohou lišit podle herních pozic, s výjimkou brankáře, který tvoří zvláštní kategorii a nevyžaduje vysokou míru intervalového zatížení s vysokou intenzitou. Kromě klíčových psychologických faktorů a týmové chemie, které se obtížně kvantifikují, ukazuje výšečový graf obecný relativní význam dovedností (45 %), taktické vyspělosti (20 %) a fyzických schopností (35 %) pro úspěšnost v házené.

Obrázek č. 3.: Pozice házenkáře v trojrozměrném modelu (Laursen & Buchheit, 2019)



Obrázek č. 3: Převzato a přeloženo z „Science and application of high-intensity interval training“ (Laursen & Buchheit, 2019)

Kondiční připravenost představuje klíčový předpoklad pro efektivní realizaci technicko-taktických dovedností v reálných herních situacích. V házené – sportu s vysokými nároky na opakované vysoko-intenzivní činnosti – je herní výkon podmíněn úrovní silových,

rychlostních, vytrvalostních a obratnostních schopností. Tyto fyzické atributy ovlivňují nejen efektivitu jednotlivých činností, jako je střelba, blok, obranný kontakt či změna směru, ale zároveň rozhodují o schopnosti zvládat herní tempo po celou dobu utkání (Spieszny & Zubik, 2018; Wagner et al., 2014). Z hlediska kondice jsou v házené klíčové schopnosti maximální, výbušné a rychlostní síly (Spieszny & Zubik, 2018). Tyto dovednosti se nejvíce uplatňují při tělesných soubojích na brankovišti, výskoku při střelbě či při kontaktech v obraně.

Pro představu si můžeme prohlédnout upravenou systematiku herních činností jednotlivce v házené s kondičními nároky na hráče. Upraveno dle Tůma & Tkadlec, (2010):

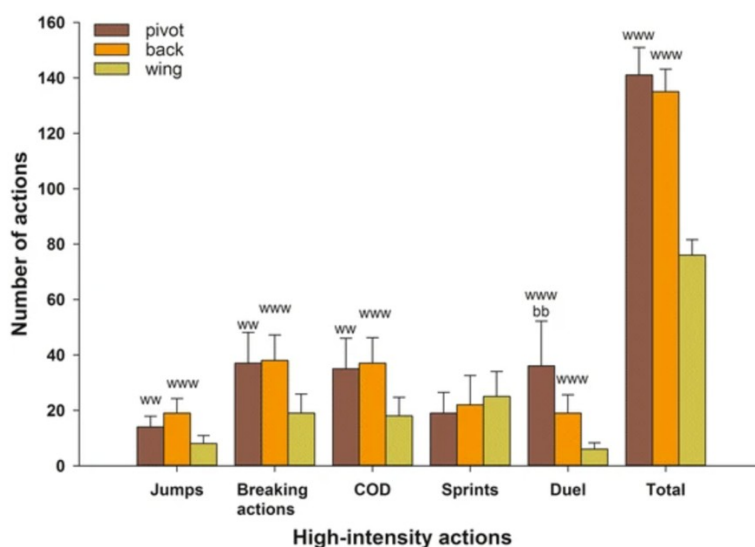
Kategorie	Typické projevy	Kondiční nároky
Ofenzivní	Střelba, vedení míče, přihrávka, uvolnění	Výbušná síla, akcelerace, koordinační schopnosti
Defenzivní	Obrana hráče s míčem, obrana hráče bez míče, zisk míče, blokování	Rychlost reakce, stabilita, síla, obratnost

Z hlediska herního zatížení hráči během utkání urazí průměrně $3\,627 \pm 538$ metrů (Michalsik et al., 2013), přičemž až 58 % této vzdálenosti je tvořeno chůzí a 26 % joggingem. Sprinty představují pouze 1,7 % herního času, ale i přesto jsou považovány za rozhodující momenty. Typická jsou krátká zrychlení (0–3 m), prudká zastavení a změny směru – v průměru 30–40 za utkání. Tato data podporují i závěr autorů, že hráči vykonávají vysoký počet krátkých sprintů, změn směru a zpomalení v podmínkách kontaktu s jiným hráčem (Wagner et al., 2014). Póvoas a kol. (2012) realizovali výzkum zaměřený na kvantifikaci fyzických a fyziologických nároků elitní házené, do něhož bylo zařazeno 30 vrcholových hráčů s průměrným věkem $25,2 \pm 3,59$ let. Během deseti sledovaných utkání dosáhli hráči průměrné uběhnuté vzdálenosti $4\,370 \pm 702$ metrů na utkání. Přesto však většinu herní doby tvořily nízko-intenzivní činnosti – konkrétně postávání ($43,0 \pm 9,27$ %) a chůze ($35,0 \pm 6,94$ %), které dohromady zabíraly přibližně 80 % celkového času na hřišti. Sprintové aktivity tvořily pouze $0,4 \pm 0,31$ % herního času, což je do značné míry ovlivněno herním systémem

a pravidly. Za nejintenzivnější herní činnosti byly označeny decelerace, rychlé změny směru a souboje jeden na jednoho.

I přes relativně nízký podíl vysoko-intenzivních aktivit je házená metabolicky i neuromuskulárně náročná – kvůli četnosti a požadavkům na výbušnou sílu těchto akcí (Karcher & Buchheit, 2014). Četnosti jednotlivých situací u hráčských funkcí popsali Karcher a Buchheit (2014). Pozorovat je můžete v obrázku číslo 4.

Obrázek č. 4.: Vysoce intenzivní výkon v házené dle jednotlivých pozic (Karcher & Buchheit, 2014)

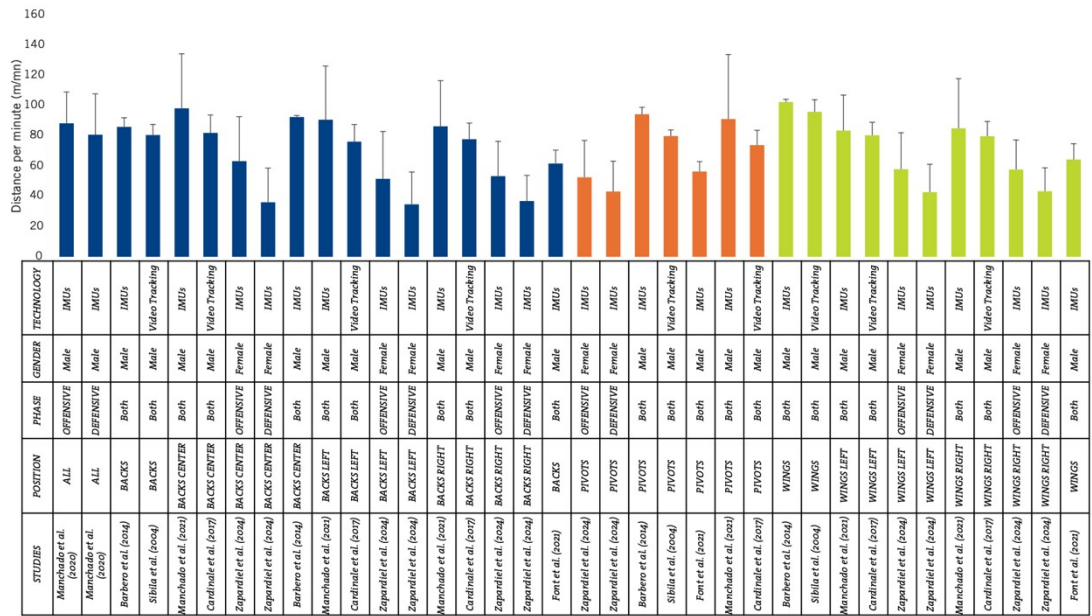


Obrázek č. 4. popisuje počet vysoko intenzivních akcí v závislosti na herní pozici (průměrné hodnoty skupin $\pm$ SD). Velikost standardizovaných rozdílů (efekt size) mezi jednotlivými pozicemi je vyjádřena počtem symbolů: jeden symbol označuje střední rozdíl, dva symboly velký rozdíl a tři symboly velmi velký rozdíl. Zkratka COD označuje změny směru pohybu (changes of direction). Wing (křídlo), Back (spojka), Pivot (pivot), Jumps (skoky), Breaking actions (situace, kde se rychle změní směr např. uvolnění), Sprints (sprintování), Duel (souboje).

Podle Karchera & Buchheita (2014) tvoří činnosti nízké intenzity (chůze, stání) až 70 % celkové herní doby, přesto je házená považována za velmi intenzivní sport. Je to způsobeno opakovanými akcemi výbušné síly, jako jsou skoky, sprinty, duely a dynamické změny směru, které mají vysoký neuromuskulární a metabolický dopad. Průměrné tempo běhu se pohybuje mezi 53–90 m/min a je nižší než u jiných týmových sportů (fotbal např. 130 m/min), nicméně srdeční frekvence a hladina laktátu jsou obdobné.

O deset let později Karcher (2024) přichází s aktualizovanými informacemi od roku 2014 ohledně zatížení v m/min. Největší zatížení (100–120 m/min) je patrné u spojek, zejména při ofenzivních činnostech, a to napříč studii i metodami sledování. Naopak pivoti vykazují nižší hodnoty (60–90 m/min), což může souviset s jejich statictější rolí v útoku i obraně. Křídla se nacházejí v mírném až vyšším pásmu (70–110 m/min), přičemž hodnoty vykazují menší variabilitu. Tyto poznatky potvrzují fakt, že házená se stává mnohem více kondičně náročnější. Konkrétní poznatky jsou znázorněny v obrázku č. 5.

Obrázek č. 5.: Průměrná vzdálenost uražená za minutu ve hře v házené. (Karcher & Font Ribas, 2024)



Obrázek č. 5: Průměrná vzdálenost uražená za minutu ve hře v házené. Průměrná vzdálenost uražená za minutu hráči na různých pozicích a v různých fázích hry, napříč pohlavími, s využitím různých sledovacích technologií, jak je uvedeno ve vybraných studiích publikovaných od roku 2014. Modrá, oranžová a zelená barva reprezentují zadní hráče, pivoty a křídla.

Ferrari a kol. (2019) ve své analýze herního výkonu identifikovali další klíčové faktory, které ovlivňují výsledky utkání: rychlé protiútoky, úspěšnost střelby (zejména z 6 a 9 metrů), efektivita brankářů, využívání taktických prostředků (např. time-outy) a vliv domácího prostředí. Výkonnější týmy častěji využívají rychlé útoky, zatímco poražené

se uchylují ke zdoluhavým a statickým postupným útokům. Významnou roli hraje i obranná aktivita a schopnost minimalizovat chyby.

Jak bylo zmíněno – výkonnější týmy častěji využívají rychlé útoky, což poukazuje na další významný faktor výkonnosti, a to schopnost opakovat sprinty na vzdálenosti 5–30 metrů. Ve většině týmů hráči dosahují maximální rychlosti mezi 20–25 metry (Mohamed et al., 2009). Novější data od Garcia-Sanchez a kol. (2023) udávají, že hráči jsou schopni dosahovat rychlosti až 27 km/h. Florin a kol. (2013) dodávají, že schopnost opakované akcelerace je podmíněna silou, rychlostí svalové kontrakce a úrovní koordinačních schopností.

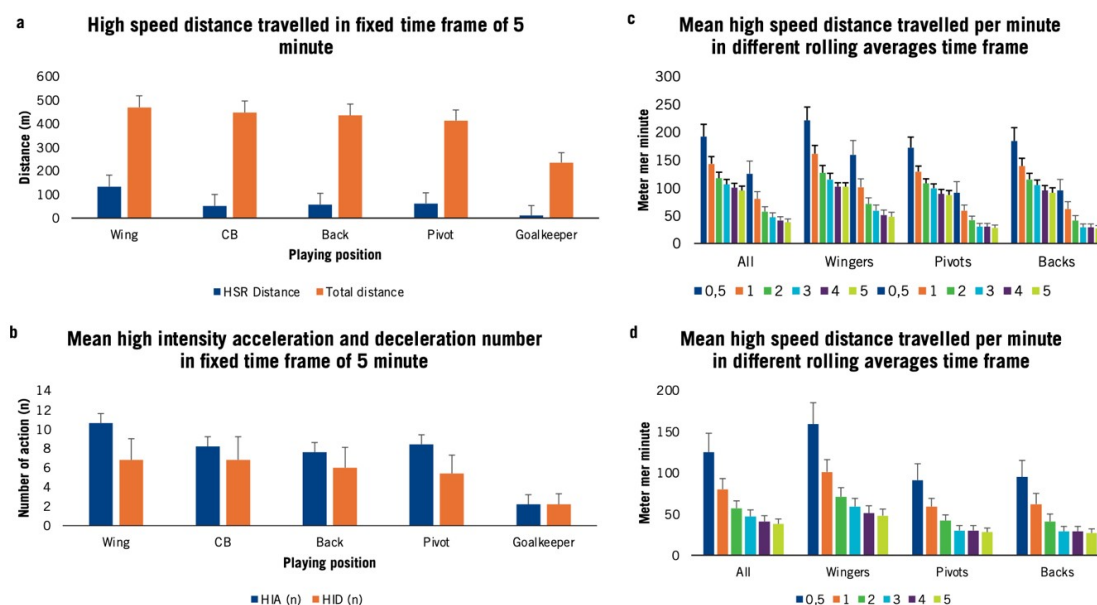
Význam silových schopností se nepromítá jen do výkonnosti např. rychlost, změny směru, duely, ale také do rychlosti hodů (Bayios et al., 2001). Ramenní kloub házenkáře je extrémně zatěžován – během sezóny může hráč provést až 48 000 hodů (Torabi, 2025). Pro představu nejrychlejší naměřená rychlost v utkání mužů byla u Tima Kneuleho (141,2 km/h), Filipa Taleskiho (141 km/h – zajímavostí je, že této rychlosti dosáhl v utkání proti ČR) a Lasse Anderssona (140 km/h). U žen například Ana Gros (114,81 km/h) a Alja Varagic (114,45 km/h). Bez adekvátní přípravy tuto zátěž hráči nejsou schopni zvládnout. Střelba a přihrávky, zejména jsou-li prováděny s maximální intenzitou, představují klíčové technické činnosti v házené. Rychlost střelby není pouze rozhodujícím faktorem úspěchu, ale zároveň i potenciálním zdrojem zranění, přičemž vrchní hod jednoruč patří mezi nejrychlejší pohybové akce ve sportu (Karcher & Font Ribas, 2024).

V meta-analýze od Petružely a Šťastného (2023) bylo zjištěno, že elitní házenkáři (takto byli popisováni výzkumní účastníci), dosahovali ve většině studiích velmi nízkých rychlostí hodu. Některé studie udávaly jako průměrné hodnoty 50-90 km/h, což je značně vzdálené od hodnot, ke kterým směřují trendy světové házené.

Specifické požadavky házené se liší dle herní pozice – např. křídla se zapojují více do sprintů a vysokorychlostního běhu, spojky do častých změn směru a pivot čelí vysokému počtu kontaktů (García-Sánchez et al., 2023; Michalsik et al., 2015). Tato pozorování ukazují nutnost individualizace kondiční přípravy v závislosti na postu, tréninkové

historii a roli v týmu. Rozdílnosti v nárocích na jednotlivé pozice můžeme pozorovat v obrázku č. 6.

Obrázek č. 6.: Detailní přehled o vnější zátěži hráčů na různých pozicích v rámci utkání. (Karcher & Font Ribas, 2024)



Obrázek č. 6.: Analýza lokomočních nároků podle herní pozice elitního házenkáře. A) Vysokorychlostní vzdálenost: Vzdálenost překonaná vysokou rychlostí během pevného 5minutového úseku podle pozice. B) Události akcelera/decelera: Průměrný počet vysoce intenzivních zrychlení a zpomalení během 5 minut podle pozice. C) Vzdálenost za minutu: Průměrná vzdálenost překonaná za minutu v rámci různých klouzavých průměrných časových úseků. D) Vysokorychlostní vzdálenost za minutu: Průměrná vysokorychlostní vzdálenost překonaná za minutu v rámci různých klouzavých průměrných časových úseků. Převzato od Karcher, Ribas (2024).

Z výše uvedeného vyplývá, že kondiční připravenost není pouze „fyzickým základem“ výkonu, ale komplexním faktorem, který umožňuje efektivní a bezpečný přenos dovedností do soutěžní zátěže, zvyšuje výkonnostní potenciál hráče a podporuje dlouhodobou udržitelnost sportovní kariéry.

Systematická kondiční příprava vychází z pochopení herního zatížení a jeho vlivu na jednotlivé složky výkonu. Rozvoj síly, rychlosti, vytrvalosti, koordinace a flexibility tvoří základní stavební kameny fyzické připravenosti házenkáře. Jejich propojení s technickým a taktickým tréninkem umožňuje funkční přenos do herní situace a celkové zvýšení výkonnostního potenciálu sportovce. Kondiční trénink tedy neplní

pouze výkonnostní roli, ale má i ochranný a regenerační charakter. Vhodně strukturovaný program – zahrnující silový trénink, unilaterální cvičení, stabilizační a mobilizační prvky – napomáhá udržet rovnováhu mezi svalovými skupinami a snižuje riziko únavových poruch.

Tato multidimenzionální povaha výkonu se promítá i do klasifikace herních činností, která reflektuje potřebu tréninkového přístupu zaměřeného nejen na rozvoj dílčích schopností, ale i na jejich souhrn.

4 Kondiční schopnosti v házené

Kondiční připravenost hráče házené se opírá o pět základních motorických schopností, jejichž specifický rozvoj umožňuje zvládnutí vysoké intenzity utkání, opakovaného zatížení a rozmanitých herních situací. Níže jsou popsány jednotlivé schopnosti z hlediska jejich aplikace v házenkářském prostředí.

4.1 Síla

Síla tvoří základní předpoklad pro většinu herních činností v házené. Uplatňuje se především v těchto oblastech:

- Maximální síla – potřebná při fyzických kontaktech (pivot, obrana), odrazech, zajištění stability při bránění nebo uvolňování se z obrany.
- Výbušná síla – využívána při výskoku, akceleracích, deceleracích a změnách směru, využívá se taktéž při duelech v situacích jeden na jednoho.
- Rychlostní síla – podmínka pro efektivní a přesnou střelbu, zejména z výskoku, a pro prudké změny směru.
- Silová vytrvalost – důležitá při opakovaných kontaktech, blokování či dlouhém herním nasazení s nutností udržet svalové napětí.

Výzkumy Spieszny a Zubik (2018) potvrzují, že vyšší úroveň síly koreluje s vyšší rychlostí hodů, kvalitou skokových výkonů a stabilitou v kontaktních situacích.

4.2 Rychlost

Rychlostní schopnosti jsou v házené neoddělitelně spojené s herním úspěchem, především při:

- Akcelpace – první metry po vyběhnutí, náběhu, nástupu do protiútoků;
- Maximální rychlosti – uplatňuje se především u křídel v dlouhých bězích při protiútoků;
- Reakční rychlosti – při obranných činnostech, při blokování střely nebo zachycení přihrávky;
- Frekvenční rychlosti – u pohybů vyžadujících rychlé a krátké kroky (např. nástupy obránců).

Hráči házené během utkání typicky dosahují maximální rychlosti mezi 24–27 km/h (García-Sánchez et al., 2023). Schopnost opakovaně sprintovat a akcelarovat bez výrazné ztráty kvality výkonu je přímým prediktorem herního úspěchu.

4.3 Vytrvalost

Vytrvalostní schopnosti hráče v házené jsou specifické – nejedná se o dlouhodobou souvislou aerobní vytrvalost o nízké intenzitě, ale o schopnost:

- Opakovaně vykonávat krátké úseky vysoké intenzity (intermitentní zatížení);
- Rychle regenerovat mezi zatíženími (anaerobní kapacita);
- Udržet kvalitu výkonu i v závěru utkání.

Zatížení během utkání je typicky vysoce proměnlivé – více než 300 krátkých zatížení (decelerace, změny směru, sprinty) za utkání (Fleureau et al., 2023). Proto je důležitý rozvoj opakovací vytrvalosti, např. prostřednictvím intervalového tréninku, shuttle-run běhů, či metod jako RSA (repeated sprint ability).

4.4 Koordinační schopnosti

Koordinace je často opomíjená, ale v házené zásadní. Zahrnuje schopnost:

- Precizně ovládat pohyb těla v prostoru (orientace, rovnováha);
- Propojovat jednotlivé segmenty těla ve správném pořadí (kinematický řetězec při střelbě);
- Rychle měnit směr a rytmus pohybu;
- Efektivně reagovat na podněty v měnící se herní situaci.

Koordinační úroveň ovlivňuje nejen techniku provedení, ale také ekonomiku pohybu a snižuje energetický výdej na jednotku herní práce. Výborná koordinace je také základem pro zvládnutí složitých motorických úloh při přechodu mezi útokem a obranou.

4.5 Flexibilita (pohyblivost)

Flexibilita a mobilita jsou zásadní pro prevenci zranění i efektivní výkon. Hráč musí mít dostatečný rozsah pohybu:

- V ramenním a loketním kloubu (házení, rotace),
- V kyčlích, kolenou a kotnících (odraz, výpad, změna směru),
- V trupu (rotace při střelbě, stabilizace při kontaktu).

Přiměřená flexibilita podporuje ekonomii pohybu, rozvíjí schopnost absorbovat nárazové zatížení (decelerace, kontakt) a přispívá k technické plynulosti. Nedostatečný rozsah pohybu může vést k omezení výkonu a zvýšení rizika přetížení v kompenzačních segmentech.

Rozvoj všech pěti základních motorických schopností v házené by měl být cílený, funkční a specifický vzhledem k hernímu stylu, pozici hráče a jeho vývojové fázi. Efektivní kondiční trénink musí respektovat specifika zatížení házenkářského prostředí a vytvářet předpoklady pro výkon, zdraví a dlouhodobou výkonnostní udržitelnost.

5 Specifika rozvoje síly a vektorů silového zatěžování

5.1 Základní principy silového tréninku

Silový trénink představuje jeden z pilířů fyzické přípravy hráče házené. Pro efektivní zvyšování výkonnosti je třeba pochopit základní tréninkové principy jako je superkompenzace, progresivní přetížení, periodizace, ale i tempo pohybu a odpočinek.

Každý tréninkový stimul vyvolává stresovou odpověď organismu. Po fázi akutního snížení výkonu (v důsledku stresoru) dochází při adekvátním zotavení k superkompenzací – tělo se adaptuje na vyšší zátěž a výkon stoupá (Dietz & Peterson, 2012). Klíčové je nastavení rovnováhy mezi tréninkem a odpočinkem tak, aby nedošlo k přetrénování nebo naopak k nedostatečné stimulaci.

Fyzický výkon je v házené považován za jeden z hlavních determinantů úspěchu. Hra samotná je charakteristická častými akcemi výbušné síly – sprinty, změnami směru, výskoky, házenkářskými hody a fyzickými kontakty – které jsou prováděny v rychlém sledu bez možnosti plné regenerace (García-Sánchez et al., 2023; Karcher & Buchheit, 2014; Saal et al., 2023). Zásadní výzvou pro hráče je schopnost udržet kvalitu těchto činností během celého utkání, což vyžaduje optimální rozvoj silových a rychlostních schopností.

Různé studie ukazují, že právě absolutní síla a výbušná síla dolních i horních končetin jsou limitujícími faktory výkonu v klíčových herních momentech – například při střele z výskoku, náběhu do prostoru, rychlé změně směru nebo obraně jeden na jednoho (Matthys et al., 2013; Ortega-Becerra et al., 2018). Hodnota těchto schopností není jen ve schopnosti produkovat vysoký výkon, ale i ve schopnosti tento výkon opakovat v náročných podmínkách i proto je důležité si blíže specifikovat principy a metody rozvoje silových schopností.

5.2 Superkompenzace a princip zatížení

Každý silový trénink představuje stresový podnět, který vyvolává dočasné snížení výkonnosti (fáze únavy), následované regenerací a možnou superkompenzací, kdy dochází

ke zvýšení výkonnostního potenciálu (Dietz & Peterson, 2012; Zatsiorsky et al., 2020). Cílem programování tréninku je trefit okamžik další zátěže do období superkompenzace, a tím maximalizovat tréninkový efekt. Tréninková progresa je dosažena zvyšováním zatížení (intenzity), objemu (počtu opakování, sérií), frekvence nebo komplexnosti pohybového vzoru. Objem tréninku (celková zvednutá váha) se vypočítá jako součin opakování, sérií a zátěže. Intenzita se vztahuje k procentu maximálního výkonu – v angličtině se setkáváme s pojmem RM, v češtině se můžeme setkat s pojmem OM (např. 1RM – one repetition maximum) (Dietz & Peterson, 2012).

5.3 Metody silového tréninku podle Dietze a Zatsiorsky

- **Metoda opakovaného úsilí** (65–80 % 1RM, 8–12 opakování): vhodná v akumulární fázi, zaměřená na hypertrofii a strukturální rovnováhu.
- **Metoda maximálního úsilí** (>85 % 1RM, 1–5 opakování): stimuluje rozvoj maximální síly, aktivaci motorických jednotek a neurální adaptace.
- **Metoda dynamického úsilí** (30–70 % 1RM, 3–6 opakování): rozvoj rychlosti silového projevu (RFD – Rate of force development), využívá se zejména v před soutěžní a soutěžní fázi. Novodobé přístupy tyto metody využívají ve všech fázích sezóny s ohledem na daný sport, či specializaci.

5.3.1 Metoda opakovaného úsilí

Je primárně zaměřena na rozvoj svalové hypertrofie prostřednictvím tréninku se submaximální zátěží. Její princip spočívá v tom, že sportovec pracuje s relativně nižší intenzitou, která však umožňuje provádět cviky do vyčerpání. Díky tomu dochází k postupné rekrutaci všech typů svalových vláken – od pomalých až po rychlá glykolytická – což je zásadní pro efektivní růst svalové hmoty (Bompa & Haff, 2009).

Fleck a Kraemer (2007) doporučují pro rozvoj hypertrofie využívat zátěž v rozmezí 70–85 % 1RM, při počtu 8–12 opakování v sérii. Důležitou roli zde sehrává interval odpočinku mezi sériemi, který by měl být relativně krátký – obecně v rozmezí 30–60 sekund. Krátké pauzy totiž neumožňují kompletní obnovu energetických zásob (zejména ATP–CP systému), čímž

vzniká vyšší metabolický stres, který stimuluje adaptační odpovědi vedoucí k růstu svalové tkáně.

Zatímco metoda maximálního úsilí pracuje primárně s vysokým napětím ve svalu, metoda opakovaného úsilí spoléhá na kumulativní efekt zatížení, delší čas pod napětím (TUT) a časté tréninkové opakování až do svalového selhání. Tento přístup je považován za jeden z nejúčinnějších pro rozvoj svalového objemu, zejména u sportovců ve fázích objemové přípravy či při budování základní silové kapacity.

5.3.2 Metoda maximálního úsilí

Patří mezi klíčové nástroje pro rozvoj maximální síly, a to především prostřednictvím zlepšení intramuskulární a intermuskulární koordinace. Klíčovým principem je, že svalový a nervový systém se adaptují výhradně na takovou úroveň zátěže, jaké byli vystaveny. Tato metoda může být zaměřena buď na specifický pohyb, nebo na rozvoj konkrétních svalových skupin.

V případě, že je cílem nácvik technicky náročného pohybu (např. přemístění, nadhoz, trh), doporučuje se provádět 1–3 opakování v sérii s maximální koncentrací na techniku. Pokud je naopak primárním cílem samotný rozvoj svalové síly bez ohledu na technickou specifitu pohybu, volí se spíše rozsah 4–8 opakování, přičemž biomechanické nebo koordinační požadavky nejsou stěžejní (Zatsiorsky et al., 2020).

Navzdory své efektivitě má tato metoda i určitá omezení. Není vhodná pro začátečníky z důvodu vyššího rizika zranění, které je spojeno s nutností dokonalé techniky a vysoké úrovně aktivace hlubokého stabilizačního systému. Mezi další nevýhody patří nízký potenciál pro vyvolání svalové hypertrofie – vzhledem k nízkému počtu opakování – a zvýšené psychické i fyziologické zatížení. Při dlouhodobém přetížení může dojít k syndromu přetrénování, který se projevuje poklesem síly, zvýšenou únavou, úzkostí, poruchami spánku nebo zvýšeným vnímáním námahy (Zatsiorsky et al., 2020).

Z hlediska výběru cvičení je třeba dbát na jejich technickou náročnost. Cviky jako trh či přemístění kladou vysoké nároky nejen na svalovou sílu, ale také na koordinaci a rozsah

pohybu (DiSanto et al., 2015). Pro optimální stimulaci rychlých svalových vláken doporučuje Bompá a kol. (2009) zatížení minimálně 80 % 1RM. Interval odpočinku mezi sériemi by měl být přizpůsoben úrovni sportovce – pro většinu populace se doporučuje 3–5 minut, což umožní dostatečnou regeneraci neuromuskulárního systému a zajištění kvality výkonu v dalších sériích.

5.3.3 Metoda dynamického úsilí

Představuje efektivní přístup k rozvoji výbušné síly, tedy schopnosti vyvinout co největší sílu v co nejkratším čase – známé jako Rate of Force Development (RFD). Tato schopnost je zásadní například při sprinterských startech, výskocích nebo rychlých změnách směru. Na rozdíl od metody maximálního úsilí se zde primárně nepracuje s těžkou maximální zátěží, ale s cílem rozvíjet rychlost svalové kontrakce a dynamické vlastnosti pohybového systému (Maffiuletti et al., 2016)

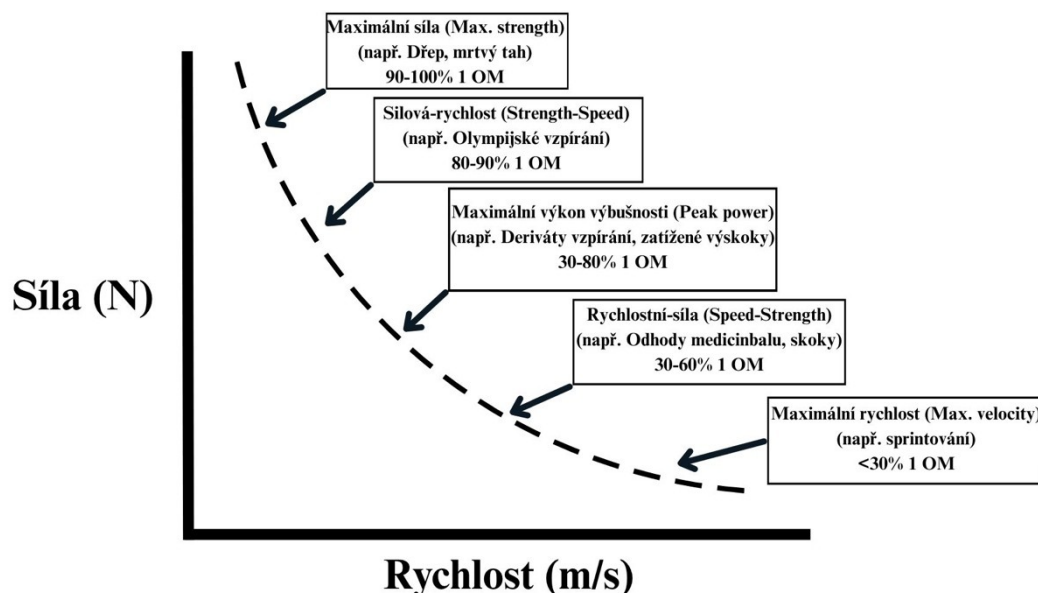
Rychlostně-silová křivka

Rychlostně-silová křivka není žádnou novinkou, ačkoliv poslední trendy by tomu mohly nasvědčovat. Jedny z prvních zmínek jsou již z roku 1938 od Hilla. Rychlostně-silová křivka představuje fundamentální model, který popisuje inverzní vztah mezi velikostí vyvinuté síly a rychlostí svalové kontrakce (Hill, 1938). S rostoucím odporem klesá rychlost pohybu, a naopak – při menším zatížení může být pohyb rychlejší, ale s nižší produkcí síly. Tento vztah tvoří teoretický rámec pro racionální plánování silově-orientovaného tréninku. Vzájemný vztah můžete pozorovat v obrázku č. 7.

V aplikaci na sportovní výkon – zejména ve sportech s dominancí výbušné síly, jako je házená – se rychlostně-silová křivka využívá pro systematické zacílení tréninku na různé oblasti: od maximální síly (těžká zátěž, nízká rychlost), přes výbušnou sílu (střední zátěž, vysoká rychlost), až po rychlostní trénink (nízká zátěž, maximální rychlost kontrakce) (Jiménez-Reyes et al., 2018; Suchomel et al., 2016). Důležité je však uvědomění, že trénink výbušné síly neznamena pouze hýbat s činkou co nejrychleji s minimálním odporem. Principem tréninku výbušné síly je tedy snaha o co nejrychlejší pohyb – tudíž i menší

rychlost s vyšším odporem nám velmi dobře poslouží k tréninku výbušné síly, avšak na jiném spektru rychlostně-silové křivky.

Obrázek č. 7.: Rychlostně-silová křivka (vlastní provedení)

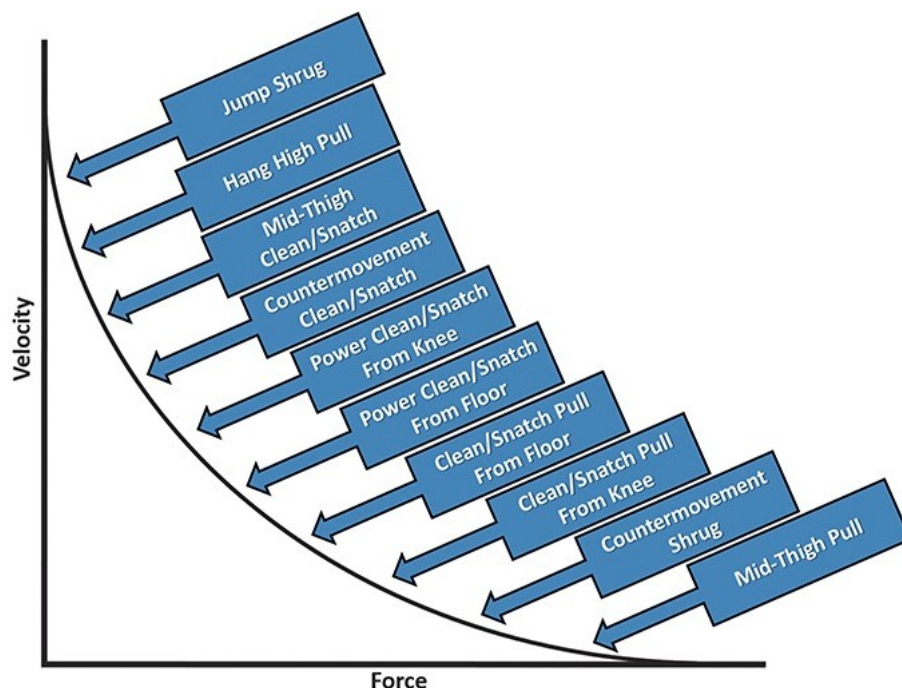


Obrázek č. 7.: Znázorňuje vztah mezi silou a rychlostí u vybraných variant silového tréninku. Zkratka 1 OM = 1 opakovací maximum (např. 60% 1 OM Power clean = 60% z 1 opakovacího maxima u přemístění do podřepu)

Výzkumy potvrzují, že sportovní výkon v akcích jako je sprint, změna směru nebo výskok, souvisí především s výbušnou silou – tedy schopností generovat velkou sílu v krátkém čase. Tento parametr je označován jako rate of force development (RFD), a je považován za jeden z nejvýznamnějších prediktorů úspěchu v týmových sportech (Maffiuletti et al., 2016). Trénink v této oblasti se často realizuje prostřednictvím zatížených výskoků, hodů, nebo rychlých silových cvičení v zóně 30–60 % 1RM, kde dochází k rozvoji výbušné síly bez kompromisů v technice (Loturco et al., 2018).

Pro účely vzpírání (obrázek č. 8) upravil křivku také Suchomel, Comfort a Lake (2017).

Obrázek č. 8.: Silově-rychlostní křivka pro účely vzpírání od Suchomela a kol. (Suchomel et al., 2017)



Obrázek č. 8.: Znárodnuje vztah mezi silou a rychlostí u vybraných variant vzpěračských cviků (derivátů clean a snatch). Na horizontální ose je znázorněna velikost produkované síly (Force), na vertikální ose rychlost pohybu (Velocity). Křivka ukazuje inverzní vztah mezi těmito dvěma veličinami: čím vyšší je síla, tím nižší je rychlost provedení pohybu – a naopak.

V disertační práci zaměřené na vliv směru silového zatížení je rychlostně-silová křivka zásadním konceptem – právě proto, že házená kombinuje jak vertikální (výskok), tak horizontální (akcelerace, změna směru) složky výkonu. Přenos tréninku může být odlišný podle toho, zda dané cvičení zatěžuje pohybový aparát v požadovaném směru. V tomto kontextu může být zařazení specifických cvičení (např. unilaterálních výpadů, zatížených výskoků, horizontálních skoků) nástrojem pro posun celé křivky – nikoliv jen jedné její části – a tím i efektivní přenos do herní výkonnosti.

Rychlost produkce síly (RFD – Rate of force development)

Rychlost produkce síly je parametr, který popisuje, jak rychle je sportovec schopen vyvinout sílu od okamžiku zapojení svalů. V kontextu sportovních výkonů – jako je střelba, skok nebo změna směru – hraje zásadní roli. Čím rychleji sportovec vyvine sílu, tím efektivněji reaguje na herní podněty (Aagaard et al., 2002; Maffiuletti et al., 2016)

RFD je výrazně ovlivněna:

- typem svalové kontrakce (rychlé typy vláken mají vyšší RFD),
- neural drive (rychlost a synchronizace zapojení motorických jednotek),
- strukturálním stavem šlach a svalů,
- silovým základem a výbušnou silou (Stone et al., 2021).

Trénink rychlé produkce síly vyžaduje specifické metody – především plyometrické tréninky, trénink s nízkou zátěží a maximální rychlostí provedení, izometrický trénink (zejména izometrické kontrakce s maximálním úsilím) a kontrastní tréninkové metody (Dietz & Peterson, 2012). Stone (2021) zároveň doplňuje, že RFD není záležitostí pouze rychlých kontrakcí, ale taky pomalých, proto rozděluje na „low“ a „high“ RFD. Zatímco „low“ RFD se vztahuje k pomalejší rychlosti kontrakce (např. 200 ms) a je důležitá zejména pro maximální výkony výbušné síly, „high“ RFD označuje schopnost vytvořit sílu v prvních 50–100 ms, což je klíčové pro rychlou sílu a s tím spojené sportovní pohyby.

Z pohledu aplikace do herní praxe je RFD zásadní například při reakci na změnu směru protihráče, výskoku na blok, výpadu při střelbě nebo při akceleraci. U mládežnických sportovců je zároveň vhodné sledovat RFD jako ukazatel efektivity nervosvalové adaptace – vývoj RFD totiž častokrát předchází nárůstu samotné maximální síly (Cormie et al., 2011a, 2011b). V kontextu disertační práce jsme se rozhodli o zkoumání tréninkového efektu právě zmíněných „low“ RFD. Tento segment rychlostně-silové křivky bývá u mládežnických sportovců často nedostatečně rozvinut, a proto jsme cíleně zaměřili naši intervenci právě na tuto oblast. Rychlý nábor motorických jednotek a schopnost rychle generovat maximální možnou sílu hrají klíčovou roli v dynamických sportech, jako je házená, avšak v tréninkové

praxi bývá horní spektrum rychlostně-silové křivky přehlíženo ve prospěch rozvoje maximální síly, nebo rychlé síly.

Rozvoj výbušné síly u házenkářů – vzpírat, či nevzpírat?

Rozvoj výbušné síly dolních končetin je klíčovým aspektem fyzické přípravy házenkářů, jelikož se přímo promítá do schopnosti odrazů, akcelerace a změn směru. V kontextu silového tréninku této kvality se jako účinné nástroje jeví zejména dílčí fáze olympijského vzpírání a jejich modifikace s krčením ramen („pull“ nebo „shrug“ varianty). Tyto metody vykazují vysoký stupeň biomechanické i neuromuskulární specifčnosti vůči sportovnímu výkonu a jsou široce doporučovány pro rozvoj výbušné síly v kolektivních sportech (Comfort a kol., 2015; Suchomel a kol., 2015).

Ve studii Comforta (2015) byly analyzovány různé varianty přemístění do podřepu (power clean) – včetně přemístění do podřepu z pozice, kdy činka visí u kolen (hang power clean), přemístění do podřepu od poloviny stehen (mid-thigh power clean) a výtah od poloviny stehen (mid-thigh clean pull) – s cílem vyhodnotit jejich biomechanický profil a tréninkový potenciál. Výsledky ukázaly, že výtah od poloviny stehen (mid-thigh clean pull) vykazuje jednu z nejvyšších hodnot produkce síly i rychlosti, což ho činí mimořádně efektivním pro sportovce usilující o rozvoj výbušného výkonu bez nutnosti zvládat kompletní techniku vzpírání.

Rovněž výtahy činky s výbušným pokrčením ramen tzv. „shrug“ varianty, jako je výtah činky z visu s pokrčením ramen (hang high pull with shrug) či výtah ze středu stehen s pokrčením ramen (mid-thigh pull with shrug), představují zjednodušené, ale velmi efektivní alternativy cviků olympijského vzpírání, které zachovávají klíčové prvky produkce výbušné a rychlostní síly (Oranchuk a kol., 2019; Comfort a kol., 2018). Tyto cviky vyžadují menší technickou náročnost, a přitom dosahují srovnatelných adaptačních efektů jako tradiční komplexní cviky.

Například Oranchuk a kol. (2019) prokázali, že šestitýdenní program zahrnující vysoký výtah z visu (hang high pulls) vedl ke srovnatelnému zlepšení ve vertikálním výskoku a izometrické síle jako trénink s komplexnějšími cviky. Výsledky tak naznačují, že i

zjednodušené dílčí fáze komplexních cviků mohou být plnohodnotnou alternativou tam, kde technická vybavenost nebo tréninkový čas limitují nasazení komplexních vzpěračských cviků.

Suchomel a kol. (2015) rovněž doporučují využívat dílčí části vzpěračských cviků podle úrovně sportovce, přičemž účinné jsou zejména varianty bez potřeby chytání osy (např. výtahy, nebo výtahy s krčením ramen). Tyto varianty mohou být vhodné zejména u mladších sportovců nebo ve fázi obecného silového rozvoje.

Doporučené zatížení se pohybuje v rozmezí 40–60 % 1 opakovacího maxima (OM), s důrazem na maximální rychlost provedení každého opakování při zachování technické preciznosti. (Comfort, 2015; Kraemer & Fleck, 2007) Výhodou těchto cviků je rovněž jejich možná progresse, kdy lze postupně přecházet od dílčích částí vzpírání k technicky náročnějším variantám dle úrovně sportovce.

Z hlediska dlouhodobého rozvoje sportovce je však žádoucí, aby se mladí hráči postupně naučili zvládat i technicky náročnější varianty olympijského vzpírání. Někteří hráči v této studii již měli s těmito cviky zkušenost, ale někteří se tyto pokročilé techniky teprve učili, proto byla zvolena jednodušší varianta, abychom dosáhli maximální tréninkové efektivity bez kompromisů v oblasti bezpečnosti, nebo kvality provedení.

5.3.4 Tempo pohybu

Tempo definuje rychlost provedení jednotlivých fází opakování – excentrické, izometrické, koncentrické a případně pauzy mezi opakováními. Vyjadřuje se čtyřmi čísly, např. 3-1-X-1:

- první číslo: délka excentrické fáze (např. spouštění činky)
- druhé číslo: pauza v dolní pozici (např. ve dřepu)
- třetí číslo: koncentrická fáze (např. „cesta nahoru“ z dřepu; "X" značí maximální úsilí a snahu o maximální možnou rychlost provedení)
- čtvrté číslo: pauza v horní pozici

V Triphasic systému (Dietz & Peterson, 2012) se klade důraz právě na rozvoj každé ze tří fází pohybu (excentrické, izometrické, koncentrické), což podporuje lepší neurální kontrolu, zvyšuje sílu a stabilitu. Např. při tréninku zaměřeném na excentrickou fázi se volí delší spouštění zátěže (např. 5-1-X-1), zatímco pro výbušnou sílu se akcentuje co nejrychlejší koncentrická fáze. Pro účely výzkumu jsme se v tréninkových programech zaměřili především na dynamickou kontrakci, která se nejčastěji zapisuje v tempu X-0-X-0.

5.3.5 Odpočinek mezi sériemi

Délka pauzy mezi sériemi je zásadním faktorem ovlivňujícím typ adaptace.

- **Hypertrofie:** 30–90 sekund (vyšší metabolický stres)
- **Maximální síla:** 2–5 minut (obnovení ATP, CNS)
- **Výbušná síla / rychlá síla:** 2–3 minuty (zachování kvality provedení)

Delší odpočinek je zásadní pro udržení vysoké intenzity s maximálním úsilím, zatímco kratší intervaly maximalizují hormonální a metabolické odpovědi (Dietz & Peterson, 2012).

5.4 Orientace silového vektoru ve sportovní přípravě

Tradiční silový trénink dlouhodobě stavěl na parametrech jako objem, intenzita, frekvence a typ svalové kontrakce (koncentrická, excentrická, izometrická). V posledních letech se však do popředí dostávají další parametry – směr působení síly, označovaný jako vektor silového zatížení. Tento koncept vychází z biomechanické analýzy pohybu a z principu tréninkové specifity, tedy z požadavku, aby tréninkový podnět co nejvíce odpovídal cílovému pohybu ve sportu (Baena-Raya et al., 2022; Morin & Samozino, 2016).

5.4.1 Horizontální vs. vertikální silové vektory:

- **Vertikální vektor** – síla směřuje kolmo k zemi. Typicky se objevuje v pohybech jako je dřep, split dřep, vertikální výskok. Významný je při odrazech a stabilizaci v axiálním směru.

- **Horizontální vektor** – síla směřuje rovnoběžně se zemí. Uplatňuje se např. při výpadech vpřed, tlačení saní a skocích do dálky. Je klíčový při změně směru, akceleraci a deceleraci.

Například sprint a změna směru jsou převážně horizontálními činnostmi, zatímco vertikální výskoky mají převahu ve směru vertikálním. Z toho vyplývá, že zatímco tradiční dřep (bilaterální-vertikální zatížení) je vhodný pro rozvoj obecné síly, jeho přenos na horizontálně orientované činnosti, jako je sprint nebo agilita, může být omezený. Naopak horizontálně orientovaná cvičení – jako výpady vpřed, skoky do dálky z jedné nohy nebo speciální házenkářské cvičení – vykazují vyšší specifitu a efektivnější přenos (Abade et al., 2021; Baena-Raya et al., 2022). Výzkumy ukazují, že neuromuskulární adaptace nejsou univerzální – tělo se adaptuje specificky na směr a charakter zatížení, které je mu pravidelně vystavováno (Ortega-Becerra et al., 2018). Například rychlá síla dolních končetin rozvíjená prostřednictvím skoků do dálky (horizontální vektor) má větší přenos na sprint a změnu směru než vertikální výskoky (vertikální výskok s protipohybem), které více korelují s výškou výskoku, ale méně s akcelerací (Abade et al., 2021; Falch et al., 2022).

Výkon v házené závisí na schopnosti generovat sílu v různých směrech – horizontálně (přesuny, akcelerace), vertikálně (výskok), ale i rotačně (hod). Výzkumy ukazují, že orientace vektoru síly může ovlivnit nejen neuromuskulární adaptace, ale také přenos do specifických herních činností, jako je rychlost hodu, změna směru nebo výskok (Loturco et al., 2015; Ortega-Becerra et al., 2018). Navíc tyto činnosti jsou často asymetrické, jednostranné a časově limitované. Proto se jako ideální přístup jeví kombinace tréninkových prostředků orientovaných jak vertikálně (např. bilaterální dřep, skoky), tak horizontálně (unilaterální výpady vpřed, tahání/tlačení saní), doplněná o cviky s rotační komponentou (medicinbalové hody, tahy/tlaky s rotací) (Petrzela et al., 2023; Pori et al., 2023).

Ačkoli se teorie silového vektoru stává stále více diskutovaným konceptem, v literatuře přetrvává řada nejasností a detailů, které nejsou dosud plně objasněny. Některé studie dokonce tuto teorii označují za nedostatečně prokázanou a navrhují alternativní přístup založený na konceptu silového vektoru relativního k tělu sportovce. Jednou z nich je studie

Fitzpatricka a kol. (2019), kde po 14týdenní intervenci s tréninkem zvedání pánve s oporou o lavičku (hip thrust) došlo ke zlepšení vertikálních i horizontálních skoků bez významného rozdílu mezi směry ($p = 0,561$). Výsledky této práce naznačují, že schopnost efektivně generovat sílu pomocí svalových řetězců – tedy tzv. propulze segmentů těla – je přenositelná mezi různými pohybovými situacemi nezávisle na jejich globální směrové orientaci. Tělo sportovce během pohybu aktivně mění svou polohu vůči prostoru a samotný směr aplikované síly v globálním rámci tak není limitujícím faktorem přenosu tréninkového efektu. Důležitější, než směr síly vzhledem k vnějšímu prostoru je schopnost produkovat sílu v odpovídajícím kloubním rozsahu a pod správnou svalovou koordinací. Trénovaný pohybový aparát následně využívá tuto schopnost efektivně i v odlišných posturálních situacích, typických pro dynamické herní prostředí.

5.4.2 Bilaterální vs. unilaterální silový trénink

Bilaterální cvičení (např. dřep, mrtvý tah) představují tradiční základ silového tréninku a jsou klíčovým prostředkem pro rozvoj maximální síly, zejména u méně zkušených nebo mladých sportovců. Tyto cviky umožňují aplikaci vyšších absolutních zátěží, aktivaci velkých svalových skupin a efektivní nácvik základních pohybových vzorců, čímž pomáhají budovat silový základ nezbytný pro další výkonnostní progres (Behm et al., 2017; Suchomel et al., 2016).

Nicméně ve sportech s asymetrickým charakterem pohybu, jako je házená, kde převládají jednostranné akce – odrazy, výpady, změny směru, rotace trupu a hody – může být přenos bilaterálních cvičení do specifického herního výkonu omezený. Přestože tradiční silový trénink přináší zlepšení ve výskoku nebo v hodnotách izometrického tahu od poloviny steh, jeho vliv na výkon v herních činnostech, jako je akcelerace nebo hod, bývá nižší než u unilaterálních forem (Petruzela et al., 2023; Pori et al., 2023)

Unilaterální trénink nabízí v tomto směru několik výhod. Jednak lépe odpovídá biomechanickým požadavkům specifických herních situací – hráč házené se typicky odráží z jedné nohy, rotuje trup a hází jednou paží. Jednak umožňuje efektivnější korekci laterálních asymetrií mezi končetinami, čímž snižuje riziko přetížení a zranění. Studie navíc ukazují, že

unilaterální cvičení vyvolávají vyšší aktivaci stabilizačních svalů trupu a pánevního komplexu, což je zásadní pro přenos síly mezi dolními a horními končetinami během dynamických pohybů (Michał Krzysztófik et al., 2023; Pori et al., 2023).

V rámci aplikace unilaterálního tréninku v házené lze zařadit například:

- výpady vpřed, do strany nebo vzad,
- výskoky z jedné nohy,
- split dřep s důrazem na stabilizaci trupu,
- split dřep na oporu (např. bulharský dřep),
- házenkářské variace s rotací trupu (např. výpad s rotací do střelecké paže).

Z hlediska transferu do herního výkonu hraje klíčovou roli nejen výběr typu cvičení, ale i směr silového vektoru. Jak ukazují práce autorů jako Loturco a kol. (2015) nebo Baena-Raya a kol. (2022), kombinace horizontálně orientovaného unilaterálního zatížení (např. výpady vpřed s odporem) má vyšší přenos na akceleraci nebo změnu směru než tradiční vertikální bilaterální cvičení (např. dřep).

Je třeba zmínit, že efektivita unilaterálního tréninku je podmíněna dostatečnou silovou základnou. Pokud není maximální síla (zejména v dolních končetinách) dostatečně rozvinutá, adaptace na komplexní a výbušné unilaterální cviky může být omezená. Proto je vhodné nejprve vybudovat bilaterální základ (např. prostřednictvím dřepu nebo mrtvého tahu) a teprve poté přejít k náročnějším jednostranným formám (Michał Krzysztófik et al., 2023; Stastny et al., 2024).

S ohledem na asymetrické zatížení v házené, je již v rané fázi nutné cíleně využívat unilaterální cviky. Ty nejenže pomáhají rozvíjet silovou rovnováhu mezi končetinami, ale snižují i riziko chronických zranění a podporují funkční stabilitu při hodu (Pori et al., 2023). Tato zjištění jsou částečně v rozporu s tradičním přístupem, který staví silový rozvoj především na bilaterálních cvičeních, jako jsou dřepy nebo mrtvé tahy. Ačkoli tyto cviky nepochybně přispívají k růstu absolutní síly, jejich přenos do asymetrických a dynamicky náročných herních situací může být omezený. Z tohoto pohledu je nutné přehodnotit

dominanci bilaterálního přístupu a více akcentovat individualizovaný a specifický rozvoj podle charakteru sportovní disciplíny.

Bilaterální a unilaterální trénink nejsou ve vzájemné opozici – naopak se vhodně doplňují. V házenkářském prostředí, kde převažují unilaterální a rotační pohyby, je však účelné věnovat unilaterálním cvičením více prostoru, zejména v kombinaci s cílenou orientací silového vektoru. Tato strategie zvyšuje efektivitu přenosu silového tréninku do specifického výkonu a přispívá k prevenci zranění i dlouhodobé udržitelnosti výkonu. Vzhledem k výše uvedeným poznatkům a rostoucím nárokům na specifitu silové přípravy v házené se potvrzuje, že kombinace unilaterálního a bilaterálního tréninku – v návaznosti na směr silového vektoru – představuje efektivní cestu k cílenému rozvoji výkonu. Přesto však zůstává otevřená otázka, jaký konkrétní poměr, struktura a načasování jednotlivých tréninkových forem jsou v mládežnickém tréninku nejvhodnější pro maximalizaci sportovní výkonnosti v kontextu dlouhodobého rozvoje hráče.

V oblasti rozvoje výbušné síly u mladých sportovců tak nadále přetrvává potřeba hlubšího výzkumu, který nejen porovná efektivitu různých typů tréninku, ale přinese odpovědi na to, do jaké míry je třeba uplatňovat princip specifity, jaké intervence mají nejvyšší přenos do výkonu a jak tyto procesy ovlivňuje mladistvý věk, úroveň silového základu a tréninková zkušenost sportovce.

5.4.3 Silový trénink a specifita zatížení v mládežnickém tréninku

Vzhledem k tomu, že se práce věnuje silovému tréninku mladistvých, je potřeba uvést několik aktuálních informací ohledně silového tréninku dětí, protože v našich končinách je silový trénink mládeže neustále opředen řadou mýtů, které se postupně daří vyvracet, nicméně některé mýty jsou stále opakovány z úst osob, které jsou považovány za odborníky na trénink mládeže.

Shrnutí silového tréninku dětí, a zároveň aktuální pohledy na silový trénink dětí světových odborníků, můžeme nalézt v elektronické knize od Schlegela a Krempy (2025). Tito autoři označili a vysvětlili i několik mýtů, které jsou spojené se silovým tréninkem dětí, či senzitivním obdobím.

Tyto mýty si dovolím napřímo citovat:

Mýtus 1.: Silový trénink způsobuje zastavení růstu u dětí

Neexistuje žádný vědecký důkaz, který by naznačoval, že účast v kontrolovaném programu silového tréninku způsobí zastavení růstu u dětí nebo poškodí růstové ploténky. Dětství může být ve skutečnosti ideální doba pro zapojení do aktivit podporujících kostní minerální obsah a hustotu. Je velmi pravděpodobné, že pravidelná účast v dobře navrženém programu silového tréninku během růstových let bude mít příznivý vliv na růst a vývoj kostí. (Schlegel & Krempa, 2025)

Mýtus 2.: Silový trénink je pro děti nebezpečný

Rizika spojená se silovým tréninkem u mládeže nejsou větší než u jiných rekreačních a sportovních aktivit, kterých se děti běžně účastní. Ačkoliv se mohou stát nehody, klíčem je poskytnout kvalifikovaný trénink v bezpečném prostředí a rozumně postupovat na bázi individuálních dispozic. Za předpokladu dodržení základních bezpečnostních pravidel je tato aktivita méně riziková než většina sportovních her. (Schlegel & Krempa, 2025)

V komparaci četnosti zranění se silový trénink řadí mezi aktivity, které mají velmi malé riziko zranění. Ve výzkumech se můžeme setkat s velmi nízkou incidencí okolo 0,053 až 0,055 na 100 hodin tréninku. Pro srovnání rugby má incidenci mnohonásobně vyšší 0,8 za 100 hodin tréninku. (Myers et al., 2017) V házené byly zaznamenány vysoké incidence zranění jak během tréninku, tak i při utkáních. U dospělých hráčů se incidence zranění vedoucích k výpadku z tréninku odhaduje mezi 1,12 až 1,43 na 100 hodin herního zatížení v házené, zatímco při tréninku je to mezi 0,06 a 0,24 na 100 hodin. Také u mládeže jsou zranění běžná. Prospektivní studie v Norsku uvádí incidenci 0,83 zranění na 100 hodin zápasové praxe u chlapců a 1,04 u dívek, přičemž mírně nižší hodnoty byly zaznamenány během tréninku. Většina zranění je kontaktního charakteru (nikoli v důsledku faulu) a nejčastěji se vyskytují v oblasti hlavy, ruky, ramene a kotníku. (Tooth et al., 2024)

Mýtus 3.: Mládež musí být alespoň 12 let stará, aby mohla zvedat činky

Ačkoliv neexistuje žádný vědecky podložený minimální věk pro silový trénink, všichni účastníci by měli být schopni akceptovat pokyny a dodržovat bezpečnostní pravidla. Obecně platí, že když jsou děti připraveni na účast ve sportu (přibližně ve věku 5-8 let), jsou připraveni i na určitý typ silového tréninku (Schlegel & Krempa, 2025). To jasně ukazuje, že při odborném vedení a správné technice je silový trénink pro mladé sportovce nejen bezpečný, ale výrazně méně nebezpečný než samotná herní činnost. Navíc biomechanické studie dokazují, že během prudkých změn směru či výskoků – jsou hráči vystaveni silám dosahujícím 2 až 4násobku vlastní tělesné hmotnosti. Z tohoto pohledu obavy trenérů z využití výbušných metod u mládeže nejsou na místě – naopak, dobře strukturovaný trénink tyto hráče připravuje efektivněji na fyzické nároky ve hře, snižuje riziko zranění a rozvíjí jejich výkonnost. Například během decelerace může síla působící na tělo dosahovat až 6–8násobku tělesné hmotnosti sportovce. Jedná se přibližně o 1,5–3krát vyšší síly než ty, které vznikají při akceleraci nebo běhu ve vysoké rychlosti. (Harper, 2021)

V souvislosti s mýtem 3 se pojí taktéž senzitivní období, které autoři taktéž uvádí na pravou míru. Senzitivní období označuje etapu, kdy je tělo nejvímavější k určitému typu zatížení – v případě síly se tradičně udává období od cca 13 let (počátek puberty). Důležitější, než kalendářní věk je ale biologická zralost dítěte, která se může výrazně lišit mezi pohlavími i jednotlivci. Tradiční model senzitivních období vychází spíše z přirozeného vývoje schopností než z dat intervenčních výzkumů a má své limity. Novější výzkumy ukazují, že i prepubertální děti mohou bezpečně a efektivně reagovat na silový trénink, pokud je správně veden. Síla tedy může být rozvíjena i dříve, bez nutnosti čekat na pubertu. Krátkodobé studie ukazují výrazné přírůstky síly i u mladších dětí, a to jak při práci s vlastním tělem, tak s externí zátěží. Neexistují důkazy, že by nástup puberty výrazně zvyšoval efekt silového tréninku – rozdíly se týkají spíše absolutních hodnot než procentuálních přírůstků. Ačkoliv nejsou běžné výzkumy s velmi vysokou intenzitou (nad 80 % 1RM), běžné sportovní a herní aktivity představují pro děti často větší zatížení než kontrolovaný silový trénink. Trenéři by se tak neměli bát zařadit silový trénink i u mladších dětí – samozřejmě s ohledem na techniku, individualizaci a přiměřenou progresi. Plyometrický trénink a explozivní cvičení jsou vhodná i před pubertou, ale jejich přínos

může být výraznější v období růstového spurtu. Rozhodující je připravenost dítěte, nejen věk. (Schlegel & Krempa, 2025)

Současná zahraniční literatura potvrzuje, že silový trénink představuje klíčový nástroj pro rozvoj mladých sportovců nejen z hlediska výkonu, ale i prevence zranění (Faigenbaum et al., 2016). Pravidelný a odborně vedený silový trénink vede ke zlepšení svalové síly, výbušnosti, rovnováhy, koordinace i dynamické stability. Zdůrazňuje se význam budování tzv. silového základu, na kterém lze dále stavět složitější silově-výkonové schopnosti. Studie ukazují, že silový trénink u mládeže není rizikový, naopak představuje efektivní prostředek ke zvýšení odolnosti vůči zranění pohybového aparátu, včetně pozitivního vlivu na rozvoj kostní denzity. Využití vícekloubových cviků a komplexního pohybu v dětství umožňuje efektivní využití neuromuskulární plasticity a podporuje rozvoj motorické gramotnosti, která tvoří základ pozdější specializace (Faigenbaum et al., 2016; Lloyd et al., 2016). Jako klíčový prvek je v literatuře opakovaně zdůrazňována potřeba kvalifikovaného vedení tréninku, s důrazem na technickou správnost provedení a individuální progresi dle úrovně pohybové kompetence daného dítěte. V této souvislosti Faigenbaum a kol. (2016) doporučují chápat silový trénink jako nedílnou součást kondiční přípravy mládeže, která musí být koncipována jako dlouhodobý a systematický proces, nikoliv jako izolovaný prvek přípravy.

Současná zahraniční literatura se rovněž shoduje, že základním předpokladem pro efektivní rozvoj výbušné síly je dostatečně vybudovaná úroveň absolutní síly. V mládežnické kategorii (zejména mezi 14–18 lety) je proto nezbytné vytvořit pevný silový základ, který umožní pozdější využití náročnějších metod – jako je plyometrie, supra maximální zatížení nebo trénink výbušné síly dle rychlostně-silové křivky (Suchomel et al., 2016). V souladu s tím Behm a kol. (2017) doporučují u adolescentů zařazovat základní více kloubové cviky s relativně vysokou intenzitou ($>80\%$ 1RM), a to s důrazem na technickou preciznost, kontrolu pohybu a postupné navyšování zátěže.

Ačkoli je rozvoj maximální síly neoddiskutovatelně důležitý, nelze jej stavět jako výhradní prioritu. Výkonnost v házené – sportu s dominancí výbušné síly – závisí do velké míry na schopnosti generovat sílu ve velmi krátkém čase, tedy na zmíněném RFD. Trénink RFD je spojen s vyšší aktivací motorických jednotek a rychlejší rekrutací svalových vláken typu II, a

má tedy zásadní význam pro akceleraci, skoky a hody (Aagaard et al., 2002; Maffiuletti et al., 2016; Suchomel et al., 2016).

Moderní přístup ke kondiční přípravě se proto opírá mnohem více o komplexní přístup v rozvoji atleta, který rozvíjí absolutní sílu souběžně s výbušná síla, rychlostí, agilními schopnostmi a neuromuskulární koordinací. Tyto moderní přístupy jako je např. Concurrent, Modified conjugate či Triphasic, však mají své kořeny již u autorů jako prof. Verkoshansky či Louie Simmons a jeho systém Westside Barbell. Současní elitní trenéři se shodují, že plyometrický trénink by měl být zařazován kontinuálně v průběhu celé kariéry, přičemž klíčové je použití odpovídajících progresí a regresí (Comfort et al., 2014; Radcliffe, 2024). Při správném dávkování je možné začít s plyometrií již ve věku 10–12 let a systematicky ji rozvíjet ve spojení s ostatními složkami výkonnosti (Beato et al., 2018; Nonnato et al., 2022).

Významnou pomůckou při plánování tréninku se stává práce s rychlostně-silovou křivkou. Různé typy zatížení pokrývají různá pásma této křivky – od těžkých pomalých cviků (např. mrtvý tah) až po maximálně rychlé pohyby s nízkým odporem (např. hody medicinbalem). Zařazení širokého spektra zatížení zajišťuje kompletní rozvoj sportovce a přispívá ke kvalitnějšímu přenosu do herního výkonu (Cormie et al., 2011a, 2011b; Suchomel et al., 2016; Taber et al., 2016). S ohledem na to, že házená je komplexní sport, ve kterém se hráči na hřišti setkávají s celým spektrem rychlostně-silové křivky, je potřeba taktéž specifické zatížení v rámci silového tréninku. Dost často se můžeme setkat s trenéry, kteří mají obavy využívat tyto metody s mladými hráči, napříč tomu, že data o četnosti zranění hovoří jasně. Navíc hráči se běžně v tréninku, či utkání dostávají do několikanásobně vyššího zatížení ku své váze například při prudkých změnách směru, výskocích, či duelech.

5.4.4 Specifické herní dovednosti a jejich determinanty

Za hlavní determinanty výkonu v házené jsou dnes považovány rychlost hodu, schopnost změny směru, sprint, odrazové schopnosti, tělesná konstituce a rozhodovací schopnosti (Hammami et al., 2022; Hammami et al., 2020). Přestože se agilita a hod opakovaně

prokazují jako zásadní herní prvky (Petružela & Šťastný, 2023), není zcela jasné, jaké kondiční faktory k těmto výkonům nejvíce přispívají.

Přehled literatury ukazuje, že mezi nejčastěji zkoumané prediktory rychlosti hodu patří izokinetická síla rotátorů ramenního kloubu ($r = 0,43-0,59$), síla úchopu a tělesná hmotnost ($r = 0,70$) (Akçay et al., 2023; Debanne & Laffaye, 2011). Více studií potvrdilo pozitivní vztah mezi silovými a výkonnostními ukazateli a rychlostí hodu (Chelly et al., 2010; Marques et al., 2007; Ortega-Becerra et al., 2018; Wagner & Hinz, 2023), ačkoli jiné výzkumy tento vztah nepotvrdily. Některé studie dále uvádějí, že větší rychlosti hodu napomáhá i větší výška, šířka ramen, délka prstů nebo větší dislokace lokte v okamžiku uvolnění míče (Aguilar-Martínez et al., 2012; Vila & Ferragut, 2019).

Hod v házené patří mezi nejčastější a zároveň nejvíce zatěžované herní činnosti (Rios et al., 2021; Zapartidis et al., 2007) přičemž rychlost hodu výrazně ovlivňuje úspěšnost zakončení – čím vyšší rychlost, tím méně času má obrana a brankář na reakci. Proto se v tréninkové praxi využívá řada metod pro zvýšení rychlosti hodu, včetně tradičního silového tréninku, plyometrie, házení s různě těžkými míči nebo komplexního a kontrastního zatížení (Escamilla et al., 2011; Szymanski, 2012).

Systematické přehledy studií (Bragazzi et al., 2020; Vila & Ferragut, 2019) však upozorňují na značnou metodologickou nejednotnost, která ztěžuje jednoznačné určení nejúčinnější metody. Například Sabido a kol. (2017) nezaznamenali pozitivní efekt silového tréninku u elitních hráčů, zatímco jiné výzkumy na neelitních sportovcích prokázaly výrazný nárůst výkonu (Kotzamanidis et al., 2003). Meta-analýza Petružely (2023) poukazuje na to, že jedinou strategií, která je účinná u elitních hráčů je právě silový trénink.

Jak bylo dříve zmíněno - v adolescentním věku se doporučuje nejprve zaměřit na rozvoj základní síly, než se přejde k tréninku výbušné síly (Behm et al., 2017). Síla horní části těla je považována za jeden z nejvýznamnějších prediktorů rychlosti hodu (Debanne & Laffaye, 2011). Výsledky současné studie však rozšiřují tento poznatek: kromě síly ramene ($r = 0,730$) a izometrického tahu od poloviny stehna ($r = 0,714$) byly významnými prediktory i tělesná hmotnost ($r = 0,735$), ECW ($r = 0,805$) a ICW ($r = 0,796$). Tato zjištění

naznačují zásadní vliv tělesného složení na výkon v hodu. Regresní analýza prokázala, že nejlepší predikční model rychlosti hodu tvoří kombinace izometrického tahu od poloviny stehen, izokinetické síly ramene při rychlosti 180°/s a rychlosti na 30 metrů ($R^2 = 0,735$; $p < 0,001$). Tento model potvrzuje důležitost jak absolutní a výbušné síly dolních končetin, tak výbušné síly horní části těla (Petružela & Šťastný, 2023).

Nejčastěji testované varianty hodu v házenkářských studiích zahrnují hod ze stoje, hod z výskoku a hod po třech krocích, přičemž právě tříkrokový hod vykazuje nejvyšší rychlosti a proto byl zvolen i pro účely této práce (Petruzela et al., 2023). Pro diagnostiku agility se nejčastěji využívají Illinois test, t-test a jejich modifikace (Aouichaoui et al., 2024; Hammami et al., 2019; Matthys et al., 2011), přičemž standardní t-test byl zvolen i v této studii – mimo jiné i proto, že je součástí oficiální testovací baterie ČSH.

V případě agility jsou za hlavní prediktory považovány výbušná síla dolních končetin (de Assis Neves et al., 2022; Falch et al., 2022; Katsumata & Aoki, 2021; Kvorning et al., 2017; Maroto-Izquierdo et al., 2017; Pereira et al., 2018). Například vysoká negativní korelace mezi výsledky testů ve skoku do dálky z místa a agility ($r = -0,767$ až $-0,658$) ukazuje, že čím vyšší výbušná síla, tím lepší schopnost změnit směr (Katsumata & Aoki, 2021; Wagner & Hinz, 2023). Přesto však hodnoty korelací v různých studiích značně kolísají (Pereira et al., 2018), což ukazuje na komplexitu této problematiky. Ve výzkumu Petružely a Šťastného (2023) se jako nejsilnější prediktor agility ukázal skok do dálky z místa levou nohou ($Beta = -0,645$; $R^2 = 0,416$), což ukazuje na klíčovou roli horizontálně orientované výbušné síly. Dřívější výsledky z fotbalu a basketbalu dále potvrzují, že unilaterální testy výbušné síly mají vyšší prediktivní validitu pro výkon v agility než tradiční silové nebo vertikální skokové testy (Picanco et al., 2012; Santos & Janeira, 2011)

S rostoucím důrazem na specifitu testování a přiblížení laboratorních podmínek herní realitě se zvyšuje zájem o izometrická měření. Alternativou k tradičnímu testu maximální síly (např. dřep s činkou) je v poslední době izometrický tah od poloviny stehen (Grgic et al., 2022). Tento test nejenže hodnotí sílu dolních končetin, ale zároveň výrazně zatěžuje úchop, který se ukazuje jako významný prediktor rychlosti hodu (Akçay et al., 2023).

Naopak vertikální výskok s protipohybem (CMJ), izometrický tah od poloviny stehen relativizovaný na hmotnost nebo Rychlost na 10 metrů nevykázaly statisticky významnou korelaci. Agilita tak není jen funkcí celkové síly nebo rychlosti, ale je výrazně ovlivněna schopností produkce síly v horizontálním směru a kvalitě excentricko-koncentrického cyklu (Spiteri et al., 2014).

Ačkoliv výzkum Petružely a Šťastného (2023) potvrdil silnou pozitivní korelaci mezi rychlostí hodu a silou měřenou testem izometrického tahu ($r = 0,714$), vztah mezi těmito proměnnými zatím nelze považovat za jednoznačně prokázaný a vyžaduje další ověření. Přesto se ukazuje, že zkoumání této vazby může být velmi přínosné, protože jak bylo zmíněno – izometrický tah od stehen totiž výrazně zatěžuje také úchop, který je rovněž klíčovým faktorem ovlivňujícím rychlost hodu. Začlenění tohoto testu do diagnostiky výkonnosti tak může přispět k hlubšímu porozumění vztahu mezi silou dolních končetin a herním výkonem v házené, zejména s ohledem na komplexní a multidimenzionální charakter tohoto sportu (García-Sánchez et al., 2023).

Závěrem lze říct, že výkon v hodu i agility je výsledkem komplexního propojení síly, výbušné síly, tělesné konstituce a směru zatížení.

6 Diagnostika herního výkonu

Závěrečným a nezbytným článkem celého systému kondiční přípravy je diagnostika fyzických předpokladů. V současném vrcholovém i výkonnostním sportu představuje systematické testování hráčů zásadní součást tréninkového procesu. V házené – sportu s vysokými nároky na absolutní sílu, výbušnou sílu, rychlost, agilitu a specifické herní dovednosti – slouží testování k několika klíčovým účelům: umožňuje objektivně sledovat vývoj sportovce, identifikovat jeho silné a slabé stránky, porovnávat výkonnost mezi hráči i s referenčními hodnotami a cíleně plánovat tréninkové intervence. Diagnostika poskytuje zpětnou vazbu o účinnosti tréninku, přispívá k prevenci zranění a umožňuje mapovat návrat sportovce po zranění. Důležitou roli hraje i při talentové identifikaci a motivaci hráčů (Brabec, 2024).

V současné házené, zejména v kontextu mládežnického vývoje a přechodu do vrcholového sportu, představuje motorická diagnostika nedílnou součást plánování a řízení tréninkového procesu. Český svaz házené (ČSH) vytvořil ucelenou testovou baterii, která slouží ke sledování vývoje mladých hráčů a k porovnání s referenčními daty napříč regiony i výkonnostními úrovněmi. Testování se stává prostředkem nejen pro kvantifikaci výkonnostního profilu sportovce, ale i pro včasné odhalení slabin a potenciálu v jednotlivých složkách výkonu.

Testovací baterie v házené typicky zahrnují hodnocení rychlosti (10 m a 30 m), výbušné síly dolních končetin (výskok s protipohybem, výskok z podřepu, skok do dálky z obou nohou, skok do dálky z jedné končetiny), agility (Illinois, T-test), výbušné síly horních končetin (hod míčem, hod medicinbalem), stabilizace trupu a opakované výkonnosti vytrvalostního a rychlostního typu (Yo-Yo, opakované sprinty). ČSH navrhuje standardizovaný rámec testů, který je ve své struktuře srovnatelný se zahraničními modely, čímž umožňuje vytvářet validní profily hráčů a přenášet výsledky výzkumu do praxe. Celkově tedy diagnostika plní jak výkonovou, tak preventivní a strategickou (z hlediska dlouhodobého rozvoje atleta) funkci v moderní házenkářské metodice. Diagnostika je klíčovým nástrojem pro efektivní plánování a evaluaci silového tréninku. Její význam spočívá nejen v měření pokroku, ale i ve schopnosti predikce výkonu a zacílení tréninkové intervence. Zásadní je přitom výběr testů, které odpovídají směru zatížení cílové pohybové akce.

Například zmíněný izometrický tah od poloviny stehen je výborným testem maximální izometrické síly s převážně vertikálním zatížením, ale jeho korelace s výkonem ve sprintu nebo změně směru může být nižší než u testů výbušné síly orientované horizontálně jako např. skok do dálky z místa, nebo skok do dálky z místa z jedné nohy. Skoky z jedné nohy, neboli unilaterální skoky do dálky vykazují vysoké korelace s výkonem v agility testech ($r = -0,767$), což potvrzuje význam směrové a laterální specifity i pro diagnostiku (Picanco et al., 2012; Wagner & Hinz, 2023).

Dalším důležitým aspektem je plánování diagnostiky. Pokud jsou testy výkonnosti (např. rychlost, změna směru, rychlost hodu) jednostranné, pak by i trénink měl reflektovat tuto

strukturu. To platí i pro asymetrie – výběr unilaterálních testů, jako je výskok s protipohybem na jedné noze, nebo skok do dálky z místa z jedné nohy, umožňuje přesnější zachycení výkonnostních limitů.

Tématem motorické diagnostiky v házené a porovnáním mezi testovací baterií Českého svazu házené a zahraničními přístupy se detailně zabýval Brabec (2024) ve své bakalářské práci, pod mým vedením. Jeho práce představuje ucelené srovnání výběru testů, jejich zastoupení ve světové literatuře i jejich praktické využití v tréninkovém procesu. Jednotlivé testy a srovnání s baterií ČSH můžete vidět na obrázku č. 9.

Obrázek 9.: Celkový výčet nalezených testů a srovnání s testovou baterií Českého svazu házené (Brabec, 2024)

Testy v baterii ČSH	Název testu	Způsoby provedení testu	Celkový počet výsledků
✓	30 metrů sprint	úsek na 5 m úsek na 10 m úsek na 20 m úsek na 30 m	10 11 10 16
	T – half test		7
✓	T – test		0
	Illinois modified test		4
	Cross-hopping	počet cyklů za 30 s	2
	Vertikální výskoky	SJ CMJ CMJA CMJ na 1 DK	12 17 7 2
✓	Horizontální skoky	CMJA five-jump test dominantní končetina nedominantní končetina	9 7 2 2
	Skoky do strany	1 DK	2
✓	Rychlost hodů míčem	hod ze stoje hodu ze 3 kroků hodu z výskoku	5 1 2
	hod medicinbalem (3 kg)	hod přes hlavu hod trčením	1 3
	síla stisku		8
	Bench press		2
	Dřep		2
	Síla zádoových extenzorů		1
✓	Yo-Yo test (20 – meter shuttle run)	VO2max maximální aerobní rychlost celková uběhnutá vzdálenost	12 4 3
	Repeated sprint T – test		3
	Shuttle run test (10 x 5 m)		6
	Sit-ups test	počet opakování za 30 s	5
	Flexibilita	sit and reach test dosah ve stoje rozsah rotace v rameni	11 1 3
	Handball-specific shuttle run		3
	Slalom dribble test		3
	Stork Balance test		2
	Y – Balance test		2

Systematická diagnostika představuje nepostradatelný nástroj pro trenéry a odborníky v oblasti sportovní přípravy, jelikož poskytuje přesná a objektivní data o úrovni kondiční připravenosti sportovce. Jejím hlavním přínosem je možnost dlouhodobého sledování vývoje motorických schopností v čase a porovnání těchto hodnot s populačními i mezinárodními normami. Díky tomu lze individualizovat tréninkový proces s ohledem na specifika konkrétního hráče.

Diagnostika fyzické připravenosti pomocí standardizovaných testovacích baterií je v současném sportu běžným a široce rozšířeným nástrojem. Umožňuje objektivní sledování výkonnostního vývoje, identifikaci slabých míst i plánování individualizovaného tréninkového procesu. Přesto se v praxi setkáváme s výraznou mezerou mezi tím, co testujeme, a tím, co sportovec skutečně vykonává na hřišti.

Diagnostika rovněž přispívá k prevenci zranění a efektivnímu návratu do tréninku po rekonvalescenci, čímž podporuje dlouhodobou udržitelnost sportovního výkonu. V neposlední řadě hraje významnou roli i v oblasti motivace – umožňuje stanovovat měřitelné cíle a podporuje vnitro týmovou soutěživost prostřednictvím transparentního porovnávání výsledků, jak v čase, tak i mezi hráči samotnými.

Velká část běžně používaných testů hodnotí obecné schopnosti, jako je výbušná síla dolních končetin prostřednictvím vertikálního výskoku s protipohybem, maximální síla v tradičních podobách tlaků na lavici, dřepu, mrtvého tahu, nebo rychlost v lineárním sprintu na 30 metrů. Tyto testy jsou sice validní a reliabilní z hlediska měření základních fyzických kvalit, ale jejich přímá relevance k reálným herním činnostem v házené je značně limitovaná.

Házená je sport založený na mnoho směrné akceleraci, rychlé změně směru, odrazech z jedné končetiny, rotačních pohybech trupu a jednostranném zatížení při střelbě. Naproti tomu většina běžně užívaných testů je bilaterálně zaměřená, lineární a izolovaná, a tedy postrádá klíčové biomechanické a neuromuskulární prvky, které jsou pro herní výkon zásadní.

Například:

- **Výskok s protipohybem** je vertikální, bilaterální test, zatímco házenkářský výskok při střelbě je horizontální a unilaterální.
- **Rychlost na 30 m** testuje maximální rychlost, která však v házené bývá dosažena jen výjimečně; důležitější jsou krátké zrychlení (5–10 m) spojená s reakcí na podnět.

Navíc většina testů zanedbává směr silového vektoru, přestože právě ten je klíčový pro přenos tréninkových adaptací do specifických pohybových dovedností. Jak ukazuje současná literatura (Baena-Raya et al., 2022; Morin & Samozino, 2016), vektorově nespecifický test může podhodnotit nebo nadhodnotit skutečný přenos silových schopností do výkonu.

Dalším problematickým aspektem je nízká citlivost těchto testů na asymetrie mezi končetinami, které přitom hrají významnou roli v prevenci zranění i výkonnosti v asymetrických sportech. Používání bilaterálních testů bez doplnění o unilaterální varianty (např. skok do dálky z místa z jedné končetiny) může maskovat nerovnováhy, které by jinak vyžadovaly specifickou intervenci.

Tabulka 1.: Klasifikace motorických testů dle přenositelnosti do herního výkonu

Test	Kategorie	Zatížení	Směr zatížení / směr pohybu
30 m	Rychlost	Bilaterální	Horizontální
Opakovaný T-test	Rychlost	Bilaterální	Horizontální
Člunkový běh (10×5 m)	Rychlost	Bilaterální	Horizontální
T-test / Poloviční T-test	Agility	Bilaterální	Horizontální / Kombinovaný
Modifikovaný Illinois test	Agility	Bilaterální	Horizontální / Kombinovaný
Slalomový test vedení míče	Agility	Bilaterální	Horizontální / Kombinovaný
Výskok z podřepu	Výbušná síla DK	Bilaterální	Vertikální
Výskok s protipohybem (s rukama v bok)	Výbušná síla DK	Bilaterální	Vertikální
Výskok s protipohybem za použití paží	Výbušná síla DK	Bilaterální	Vertikální
Výskok s protipohybem na jedné končetině	Výbušná síla DK	Unilaterální	Vertikální
Skok do dálky z místa	Výbušná síla DK	Bilaterální	Horizontální
Pětiskok	Výbušná síla DK	Bilaterální	Horizontální
Skoky do dálky na jedné končetině	Výbušná síla DK	Unilaterální	Horizontální
Skoky do strany na jedné končetině	Výbušná síla DK	Unilaterální	Horizontální / Laterální

Přeskoky čáry	Výbušná síla DK	Unilaterální	Horizontální / Laterální
Hod míčem (ze stoje / 3 kroky / z výskoku)	Síla HK	Unilaterální	Horizontální / rotační
Hod medicinbalem (přes hlavu / trčením)	Síla HK	Bilaterální	Horizontální
Síla stisku	Síla HK	Unilaterální	-
Horizontální tlaky na lavici	Síla HK	Bilaterální	Horizontální (tlak)
Dřep	Síla DK	Bilaterální	Vertikální (tlak)
Síla zádočných extenzorů	Síla trupu	Bilaterální	-
Yo-Yo Test	Vytrvalost	Bilaterální	Horizontální
Sklapovačky	Silová vytrvalost	Bilaterální	Vertikální (flexe)
Dosah v sedě	Flexibilita	Bilaterální	-
Dosah ve stoje	Flexibilita	Bilaterální	-
Rotace v rameni	Flexibilita	Unilaterální	-
Stork Balance test	Rovnováha	Unilaterální	-
Y-Balance test	Rovnováha	Unilaterální	-
Házenkářský specifický pohybový test	Specifické dovednosti	Bilaterální	Horizontální / Kombinovaný

Tabulka 1.: DK = dolní končetiny, HK = horní končetiny

V kontextu házené je proto důležité:

- Upřednostnit testy s vyšší pohybovou a neuromuskulární specifitou (např. hod míčem, skok z jedné končetiny, agility testy se změnou směru).
- Zohlednit vektorové zatížení a jeho směrovou orientaci vůči herní činnosti.

7 Výzkumné mezery a přínos současné studie

Současný sportovní výkon je formován rostoucími nároky na komplexní pohybovou připravenost, rychlost adaptace na měnící se herní situace a schopnost výbušného projevu síly v různých směrech. Házená jako vysoce dynamický a kontaktní týmový sport přináší specifické nároky, které se výrazně liší od obecných kondičních předpokladů. Sportovec musí být schopen rychle měnit směr, provádět odrazy ve vertikálním i horizontálním vektoru působící síly a zároveň generovat sílu v rotačním pohybu při střeleckých situacích. Tyto požadavky nelze efektivně rozvíjet výlučně prostřednictvím tradičního bilaterálního silového tréninku bez ohledu na směr zatížení.

Tradiční přístupy, které staví převážně na bilaterálních-vertikálních cvičeních (např. dřepy, mrtvé tahy, tlaky nad hlavu, přitahy), mají bezesporu své opodstatnění v budování základní

síly zejména skrze základní pohybové vzory. Nicméně s rostoucím důrazem na přenos tréninkového efektu do herní praxe se ukazuje, že právě směr aplikované síly (tzv. orientace silového vektoru) a charakter zatížení (tzv. bilaterální vs. unilaterální) mohou hrát zásadní roli v efektivitě a specifitě silového tréninku. Moderní přístupy proto pracují nejen s intenzitou a typem svalové kontrakce, ale také se směrem a charakterem produkované síly – tedy zda cvičení stimuluje sílu v souladu s požadavky cílové činnosti, či nikoliv.

V této souvislosti se objevují zásadní otázky:

- Má trénink, jehož směr silového vektoru odpovídá konkrétní herní činnosti, vyšší přenos na danou dovednost než trénink nespecifického směru?
- Má trénink v unilaterálním zatížení, které lépe reflektuje jednostranné házenkářské akce, lepší efekt než bilaterální přístup?

V mládežnické kategorii (zejména mezi 14–18 lety), kde se formují dlouhodobé pohybové vzorce a základní silové schopnosti, má smysl klást důraz jak na rozvoj maximální síly, tak na rozvoj výbušné síly. Podle autorů Behma a kol. (2017) a Suchomela a kol. (2016) je sice nezbytné vytvořit silový základ, avšak přílišná fixace na absolutní sílu, v podobě bilaterálních variant ve vertikálním směru, může vést k zanedbání výbušné a rychlé síly, pohybové variability a schopnosti aplikovat sílu v reálné herní situaci. Nesmíme zapomínat, že sportovní hry se odehrávají v chaotickém a nepředvídatelném prostředí, kde je tělo opakovaně vystavováno polohám a pozicím, které nejsou optimální ani přirozené. Z tohoto důvodu je nezbytné připravit organismus nejen na produkci síly v ideálních podmínkách, ale také na její aplikaci v různorodých, asymetrických a dynamicky se měnících pozicích, které jsou typické pro herní situace.

S tím koresponduje rostoucí shoda mezi předními světovými trenéry a výzkumníky, že například plyometrický trénink, trénink podle rychlostně-silové křivky nebo unilaterální cvičení by měly být v určité formě přítomny po celou dobu sportovní kariéry, samozřejmě s ohledem na úroveň sportovce. Cílem není nahradit tradiční silový trénink, ale doplňovat jej o specifické formy zatížení, které lépe připraví hráče na herní činnosti.

Je nezbytné však volit správné regrese a progrese cvičení tak, abychom neovlivňovali negativně procesy motorického učení.

Disertační práce „Vliv vektoru silového zatěžování na rychlostně-silové předpoklady u hráčů házené“ reaguje na tuto neprobádanou oblast a snaží se zodpovědět na otázku, do jaké míry je efekt rozvoje absolutní síly a výbušné síly ovlivněn vektorem silového zatěžování a charakterem zatížení v kontextu opory (bilaterální vs. unilaterální). Skrze experimentální design, který porovnává vliv dvou typů tréninku (bilaterálního-vertikálního a unilaterálního-horizontálního), je možné sledovat rozdíly v přenosu na specifické výkonové ukazatele jako je rychlost, agilita, skok nebo rychlost hodů.

Výzkumný záměr tak nenabízí pouze kvantitativní odpověď na to, zda je trénink efektivní, ale hledá hlubší porozumění tomu, jak strukturovat trénink výbušné síly u mládeže, tak, aby byl co nejvíce přenositelný na herní výkon. Práce tím přináší nejen nové poznatky do oblasti silové přípravy v házené, ale také podklady pro revizi dosavadních diagnostických přístupů a tréninkových protokolů pro práci s mladými sportovci.

8 Experimentální část

8.1 Cíle práce

Sestavit a aplikovat dva silové tréninkové programy zaměřené na rozvoj výbušné síly s ohledem na směr silového vektoru a charakterem zatížení v kontextu opory — konkrétně bilaterální trénink ve vertikálním směru a unilaterální trénink v horizontálním směru.

Porovnat efektivitu těchto tréninků na základě změn ve vybraných výkonnostních testech, a to jak obecných (např. vertikální výskok s protipohybem, izometrický tah od poloviny stehen), tak specifických pro házenou (např. hod, sprint, agilita).

Zjistit míru přenosu tréninkových efektů v závislosti na biomechanické shodě mezi směrem aplikované síly v tréninku a testovanou dovedností.

8.2 Hypotézy

H1: Silový trénink zaměřený na specifický směr silového vektoru (bilaterální-vertikální a unilaterální-horizontální) povede k rozdílným zlepšením ve vybraných ukazatelích fyzického výkonu u elitních mládežnických hráčů házené.

H2: Přenos tréninkového efektu bude výraznější u sportovně specifických testů (např. rychlost, hod, změna směru) než u nespecifických obecných testů (např. vertikální výskok s protipohybem, izometrický tah od poloviny stehen).

H3: Tréninková adaptace bude nejvýraznější tehdy, pokud směr aplikované síly během tréninku odpovídá směrové orientaci pohybu vyžadované v daném testu

9 Metodologie

9.1 Design experimentu

Tato experimentální studie využila randomizovaný crossover design se dvěmi experimentálními skupinami a jednou kontrolní, jehož cílem bylo porovnat vliv dvou různě orientovaných silových tréninků (bilaterálního-vertikálního a unilaterálního-horizontálního) na vybrané výkonnostní parametry u elitních mládežnických hráčů házené.

Volba těchto dvou směrů vychází z principu silového vektoru, podle něhož směr aplikované síly během tréninku ovlivňuje přenos do specifických pohybových dovedností (Baena-Raya et al., 2022; Morin & Samozino, 2016)

Hráči byli náhodně rozděleni do tří skupin:

Bilaterální-Vertikální tréninková skupina (BI) prováděla cvičení, kde hlavní složka síly směřovala kolmo vůči zemi i s ohledem na orientaci těla. Tento typ tréninku je tradičně využíván zejména pro rozvoj maximální síly a výbušné síly (např. dřep, mrtvý tah).

Unilaterální-Horizontální tréninková skupina (UNI) prováděla cvičení, kde byl hlavní směr vyvíjené síly rovnoběžně se zemí, nebo v některých případech, směřoval sice vertikálně vzhledem ke gravitaci, ale tělo sportovce bylo během pohybu orientováno horizontálně. Jinými slovy, rozhodující byl směr síly relativní k ose těla, nikoliv pouze k prostoru. Tento typ zatížení odpovídá nárokům na pohyby jako je akcelerace a změna směru (např. výpady, skoky do dálky z místa z jedné nohy).

Kontrolní skupina (CON) – pokračovala v běžném házenkářském tréninku bez přidání silové intervence.

Celá intervence trvala 18 týdnů a byla rozdělena do tří fází:

Fáze 1 – První tréninkový blok (týdny 1–6)

Skupina BI absolvovala bilaterální trénink ve vertikálním směru, zatímco skupina UNI cvičila unilaterální trénink s horizontálním zaměřením. Kontrolní skupina pokračovala bez změny v běžném tréninkovém režimu. Na začátku sedmého týdne proběhlo první mezi testování (T2), které hodnotilo krátkodobé adaptační změny.

Fáze 2 – „Washout“ fáze – období vyhasnutí (týdny 7–12)

V této šestitýdenní přechodové fázi nebyl aplikován žádný specifický silový trénink u žádné skupiny kromě standardního tréninku v rámci klubu. Cílem této části bylo minimalizovat reziduální efekty z předchozí fáze.

Fáze 3 – Druhý tréninkový blok (týdny 13–18)

Po šestitýdenní pauze si obě tréninkové skupiny vyměnily typ tréninku – skupina, která dříve prováděla bilaterální-vertikální trénink, přešla na unilaterální-horizontální trénink, a naopak. Kontrolní skupina zůstala beze změn. Na začátku týdne devatenáctého proběhlo závěrečné testování (T4).

Testovací časové body:

Celkem byly realizovány **čtyři testovací fáze**:

T1 (pre test 1): před zahájením první intervenční fáze,

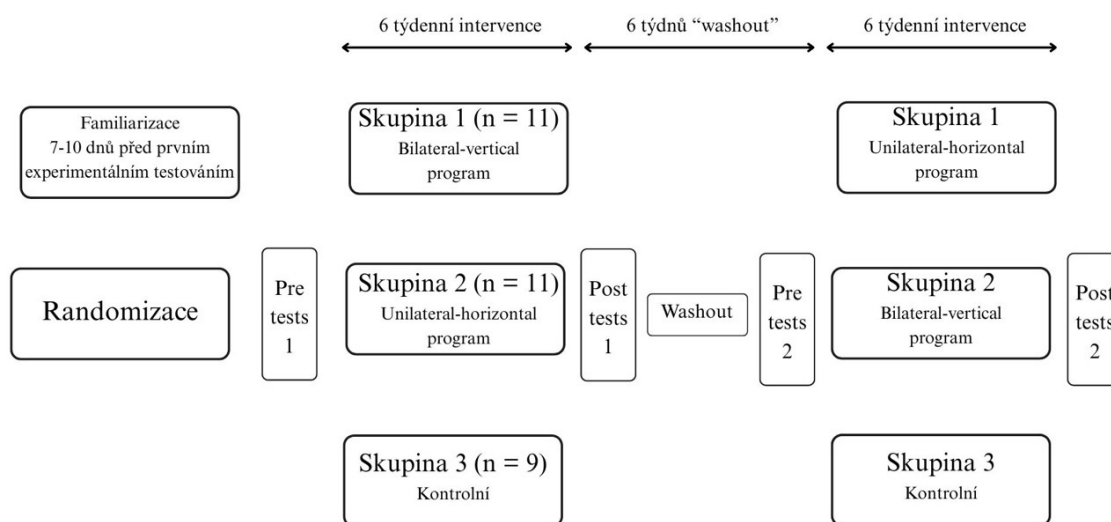
T2 (post test 1): po 6 týdnech prvního tréninkového bloku,

T3 (pre test 2): po 6 týdnech fáze vyhasnutí, před zahájením druhého bloku,

T4 (post test 2): po dokončení druhého intervenční fáze.

Díky crossover designu mohl každý sportovec v experimentální skupině sloužit zároveň jako vlastní kontrola, čímž se výrazně snížil vliv individuálních rozdílů a zvýšila se statistická síla výzkumu. Kontrolní skupina tvořila stabilní referenční rámec pro hodnocení změn v obou tréninkových variantách. Celý průběh experimentu je zaznamenán v obrázku 10.

Obrázek 10.: Průběh 18týdenního intervenčního programu



9.2 Statistická analýza

Veškerá data byla analyzována pomocí statistického softwaru Jamovi (verze 2.4.8.0; The Jamovi Project, Sydney, Austrálie) a prezentována jako průměrné hodnoty se směrodatnými odchylkami ($\pm$ SD) a 95% intervaly spolehlivosti (CI). Statistická významnost byla stanovena na hladině $p < 0,05$. Grafy byly vykreslovány v programu Python (verze 3.12.3; Python Software Foundation, Wilmington, USA)

Normalita rozdělení byla ověřena pomocí Shapiro–Wilkova testu a homogenita rozptylů pomocí Leveneova testu. Sfericita v opakovaných měřeních byla posouzena pomocí Mauchlyho testu, a v případě jejího porušení byla aplikována Greenhouse–Geisserova korekce.

Pro zhodnocení účinků tréninkové intervence na výkonnostní testy byla využita analýza rozptylu s opakovanými měřeními (repeated-measures ANOVA). Analýzy byly prováděny s využitím Type III sum of squares, což umožňuje adekvátní vyhodnocení hlavních efektů i interakcí v nevyvážených nebo interakčních modelech.

Byly aplikovány dva komplementární přístupy:

- **Agregovaný přístup**, kde byla všechna měření analyzována společně v rámci jednotlivých skupin (BI, UNI, CON). Tento přístup umožnil komplexní hodnocení hlavních efektů tréninku a času.
- **Faktoriální přístup** zachoval rozdělení podle skupiny, času (pre – post) a typu tréninku, a umožnil zhodnocení vícerozměrných interakcí, za cenu snížené statistické síly.

Pro interpretaci rozdílů byly použity odhadované marginální prostředky (estimated marginal means) a při zjištění významných hlavních efektů nebo interakcí byla provedena post-hoc porovnání mezi jednotlivými podmínkami s aplikací Bonferroniho korekce.

Jako míra velikosti efektu byl použit generalizovaný eta-squared (η^2_{G}), který je vhodný pro modely s opakovaným měřením a zohledňuje více zdrojů variability. Hodnoty η^2_{G} byly interpretovány následovně (Lakens, 2013):

- **malý účinek:** $\eta^2_{\text{G}} = 0,01$
- **střední účinek:** $\eta^2_{\text{G}} = 0,06$
- **velký účinek:** $\eta^2_{\text{G}} \geq 0,14$

Pro post-hoc porovnání byla zároveň vypočtena velikost efektu pomocí Cohenova d , přičemž efekt byl interpretován jako (Cohen et al., 2013):

- **malý:** $d = 0,20\text{--}0,39$
- **střední:** $d = 0,40\text{--}0,79$
- **velký:** $d \geq 0,80$

9.3 Charakteristika výzkumného souboru

Do výzkumu bylo původně zařazeno 39 elitních mládežnických hráčů házené ve věku 16–17 let. Během intervence dokončilo kompletní protokol 31 hráčů, přičemž 8 účastníků bylo vyloučeno z důvodu zranění, nemoci nebo osobních důvodů. Základní antropometrické charakteristiky finálního výběrového souboru jsou uvedeny v tabulce 2. Průměrný věk byl

16,7 ± 0,50 let, průměrná výška 180,13 ± 7,94 cm a tělesná hmotnost 71,14 ± 10,20 kg. Celková charakteristika výzkumného souboru je přiložena k disertační práci jako tabulka 2.

Všichni účastníci byli členy regionálního programu talentované mládeže a měli za sebou minimálně dva roky strukturované kondiční přípravy. Kritéria pro zařazení byla přísně nastavena s cílem zajistit homogenní a reprezentativní výběrový soubor. Účastníci museli být bez neurologických a muskuloskeletálních poruch a mít alespoň dvouletou zkušenost se systematickým silovým tréninkem. Dále museli minimálně po dobu jednoho roku pravidelně kombinovat házenkářský trénink s doplňkovou silovou přípravou.

Po celou dobu trvání studie byli hráči instruováni, aby zachovávali konzistentní stravovací režim a spánkovou hygienu. Byli upozorněni, aby 12 hodin před každým testováním nekonzumovali stimulanty (např. kofein, energetické nápoje) a 48 hodin před testy se vyhýbali intenzivnímu fyzickému zatížení. Dále byli vedeni k tomu, aby spali 7–9 hodin denně a snažili se o kvalitní a nerušený spánek, jelikož právě spánková efektivita byla spojena s vyšší kvalitou autonomní regenerace (Font et al., 2025).

Před samotným sběrem dat absolvovali všichni účastníci familiarizační seznamovací jednotku, jejímž cílem bylo minimalizovat vliv učení na testové výsledky a zvýšit jistotu při provádění jednotlivých úloh. Tato jednotka zahrnovala detailní demonstraci testovacích postupů a praktické osvojení všech testovacích protokolů pod dohledem kvalifikovaných výzkumníků.

V rámci antropometrického měření byly zaznamenány údaje o tělesné výšce, hmotnosti a složení těla. Dále byla provedena komplexní diagnostika fyzického výkonu, která zahrnovala testy rychlosti a změny směru, odrazových schopností a výbušné síly horních končetin. Neuromuskulární funkce byla dále hodnocena pomocí izokinetického měření síly rotátorů ramene při úhlových rychlostech 60°/s a 180°/s a testu izometrické síly tahu od poloviny stehén.

Před každým testováním absolvovali účastníci standardizovaný zahřívací protokol, který zahrnoval aerobní aktivitu nízké intenzity, dynamický strečink, mobilizační a aktivační cvičení kloubů a potenciační cvičení. Cílem bylo zvýšit tělesnou teplotu, optimalizovat

připravenost pohybového aparátu a minimalizovat riziko zranění. Každé testovací stanoviště bylo vedeno odborným personálem, který dohlížel na dodržení metodiky a zajištění konzistence mezi jednotlivými měřeními. Všechna měřicí zařízení byla před testováním kalibrována s cílem zajistit vysokou přesnost a spolehlivost dat.

9.4 Etická komise a informovaný souhlas

Všichni účastníci i jejich zákonní zástupci poskytli písemný informovaný souhlas. Účastníci mohli kdykoli ze studie odstoupit a byli předem detailně informováni o potenciálních rizicích a přínosech studie. Studie byla schválena Etickou komisí Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy pod evidenčním číslem EK 164/2023 a plně respektovala zásady Deklarace z Helsinek (2013) pro výzkum s lidskými účastníky. Text s informovaným souhlasem a kladným vyjádření Etické komise je v příloze této práce.

9.5 Testová baterie a průběh testování

Účastníci byli důkladně instruováni a před každým testovacím protokolem jim byly poskytnuty praktické ukázky, aby bylo zajištěno správné pochopení a technika. Všechny testy byly prováděny vyškoleným výzkumným personálem s cílem maximalizovat spolehlivost a konzistenci dat. Před každou testovací jednotkou byla provedena kalibrace veškerého vybavení. Mezi všemi pokusy byl dodržen standardizovaný pětiminutový odpočinek, aby se minimalizoval vliv únavy. Kompletní sled testování je znázorněn na obrázku 11. Pilotní testování celého protokolu bylo provedeno 3 měsíce před začátkem experimentu.

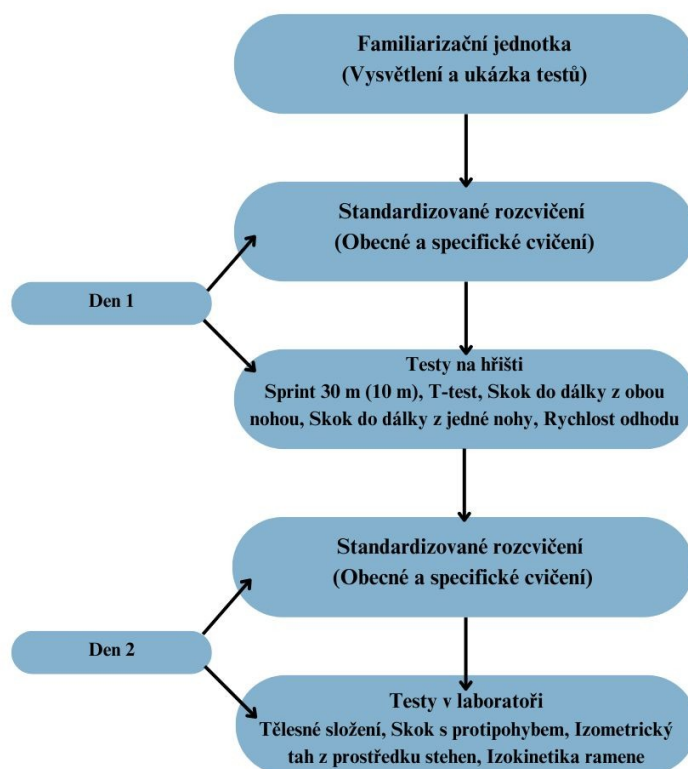
Složení těla každého sportovce bylo hodnoceno pomocí zařízení InBody 720 na principu bioelektrické impedance, které poskytlo podrobné údaje o procentu tělesného tuku, hmotnosti kosterní svaloviny a distribuci tělesné vody. Po této analýze účastníci absolvovali modifikovaný zahřívací protokol založený na modelu R.A.M.P. (Jeffreys, 2017), který se skládal z následujících fází:

1. **Zahřívací fáze:** 5 minut skákání přes švihadlo ke zvýšení srdeční frekvence, zlepšení prokrvení aktivních svalů a zvýšení tělesné teploty.

2. **Aktivační a mobilizační fáze:** Tato fáze zahrnovala sekvenci cviků s vlastní vahou, každý po 10 opakováních, zaměřených na aktivaci klíčových svalových skupin a zlepšení kloubní pohyblivosti:
- Reverzní výpady zaměřené na svaly předního stehna, hýžděové svaly a svaly zadního stehna a flexibilitu kyčlí.
 - Boční výpady zapojující adduktory a abduktory pro zlepšení laterální mobility.
 - Tříbodové doteky pro zlepšení dynamické flexibility a neuromuskulární rovnováhy.
 - Rumunský mrtvý tah na jedné noze pro aktivaci zadních stehů a hýždí, rovnováhu a stabilitu.
 - Aktivace paží ve třech polohách (TWL) v předklonu pro stimulaci horní části zad a ramenního svalstva.
3. **Potenciační fáze:** Neuromuskulární příprava pro výbušné činnosti byla zvýšena prostřednictvím:
- 10 x skoky s dominancí kotníku a důrazem na zapojení cyklu natažení a zkrácení (stretch-shortening cycle) kotníku.
 - 5 x maximální výskoky s protipohybem zaměřených na potenciování dolních končetin komplexně.

Po dokončení zahřívacího protokolu sportovci absolvovali následující terénní a laboratorní výkonnostní testy (viz. Obrázek 11).

Obrázek 11.: Průběh testování



Tento rozcvičovací protokol absolvovali hráči oba testovací dny:

Den 1:

- **Rychlost na 30 m:** Časy sprintu byly zaznamenány na 10 m a 30 m pomocí bezdrátového systému fotobuněk. Sportovci provedli dva maximální pokusy s 5minutovým odpočinkem mezi nimi.
- **T-test agility:** Schopnost změny směru byla měřena pomocí T-testu, který vyžaduje akceleraci, deceleraci a laterální pohyby. Dva pokusy s 5minutovým odpočinkem mezi nimi.
- **Skok do dálky z místa z obou končetin:** Horizontální skok z klidové pozice hodnotil výbušnou sílu dolní části těla. Dva pokusy s 5minutovým odpočinkem.
- **Skok do dálky z místa z jedné končetiny:** Unilaterální výbušná síla a rovnováha byly hodnoceny skoky na dominantní i nedominantní noze, dva pokusy na každou nohu s 5minutovým odpočinkem.

- **Rychlost hodů:** Výbušná síla horní části těla byla hodnocena pomocí radarového měření rychlosti míče při hodě. Sportovci provedli dvě série po dvou hodech, s 5minutovým odpočinkem mezi sériemi.

Den 2:

- **Analýza složení těla:** Měření pomocí přístroje InBody 720 ve stoji naboso s držním elektrod.
- **Výskok s protipohybem:** Výška vertikálního výskoku byla měřena pomocí silové desky. Dvě série po dvou maximálních pokusech, mezi sériemi 5 minut odpočinku.
- **Izometrický tah od poloviny stehna:** Maximální síla byla hodnocena pomocí silové platformy, která měřila sílu během izometrického tahu z pozice v polovině stehna. Dva pokusy s 5minutovým odpočinkem.
- **Izokinetické měření síly ramene:** Koncentrický vrchol momentu síly rotátorů ramene byl měřen při úhlových rychlostech 60°/s a 180°/s pomocí izokinetického dynamometru. Dvě série po dvou maximálních pokusech s dominantní paží, mezi sériemi 5 minut odpočinku.

9.5.1 Charakteristika a metodika vybraných testů

V rámci této disertační práce byly při popisu vybraných diagnostických testů uvedeny hodnoty ICC (intraclass correlation coefficient) z již publikovaných studií. Tyto hodnoty slouží výhradně jako orientační vodítko při výběru vhodných testovacích nástrojů a představují inspiraci z hlediska jejich opakované spolehlivosti v jiných výzkumných kontextech. Je však důležité zdůraznit, že tyto koeficienty nelze vnímat jako potvrzení nelabilního charakteru testů v rámci této konkrétní studie, neboť ICC je vždy specifický vzhledem k populaci, podmínkám testování a metodice daného výzkumu. Všechny uváděné ICC tedy slouží pouze jako podpůrné informace při výběru nástrojů, a nikoliv jako důkaz validity či efektu měření v této práci. Účelem jejich zařazení je poukázat na to, že dané testy byly v minulosti ověřeny jako spolehlivé, a tudíž mohou představovat vhodnou volbu pro praktickou aplikaci i vědecký výzkum.

Rychlost na 10 m a 30 m

Všichni sportovci absolvovali 2 maximální 30 m sprinty, mezi kterými byl vždy 5minutový odpočinek. Startovní pozice byla nastavena tak, že přední noha byla umístěna 0,5 m za startovní čarou, aby nedošlo k předčasnému spuštění fotobuněk. Během 30 m sprintu byly umístěny tři páry fotobuněk: na startovní čáře, na 10 m a 30 m (Karadenizli, 2016). Doba běhu byla měřena pomocí bezdrátového systému fotobuněk (zařízení TIMY3, ALGE-TIMING GmbH, Lustenau, Rakousko). Hodnoty pro Rychlost na 10 m a 30 m byly shodně $ICC = 0,95$ (Ingebrigtsen & Jeffreys, 2012).

T-test

Každý sportovec provedl 2 pokusy agility testu T-test s 5minutovým odpočinkem mezi pokusy. T-test hodnotil schopnost agility, přičemž sportovec běžel vpřed k přednímu kuželu vzdálenému 9,14 metru, poté se pohyboval laterálně doleva 4,57 metru, vrátil se do středu, pohyboval se doprava o dalších 4,57 metru a následně se vrátil zpět do středu a běžel pozadu do výchozí pozice na 9,14m trati (de Assis Neves et al., 2022; Hermassi et al., 2011; Kvorning et al., 2017). Čas byl měřen bezdrátovým systémem fotobuněk (TIMY3, ALGE-TIMING). Každý sportovec provedl jeden pokus na seznámení s tratí a dva měřené pokusy, přičemž do výsledků byl zapsán nejlepší čas. T-test vykázal vysokou spolehlivost ($ICC = 0,98$) (Pauole et al., 2000).

Výskok s protipohybem

Pro testování vertikální výbušné síly jsme použili protokol, ve kterém sportovec stojí na měřicí desce s trupem vzpřímeným, koleny v plné extenzi (180°) a volnými pažemi. Proveďte dřep a následně výskok s maximální snahou o vertikální odraz. Tento protokol byl zvolen pro svou specifitu a komplexnost pohybu (Heishman et al., 2020; Rodríguez-Rosell et al., 2017; Wagner et al., 2019). Tento skok je vysoce spolehlivý test pro hráče házené ($ICC = 0,96$) (Ingebrigtsen & Jeffreys, 2012).

Rychlost hodu

Výbušná síla horní části těla byla hodnocena na vnitřním hřišti házené pomocí tříkrokového rozběhu. Po standardizovaném zahřátí byl použit protokol Hermassiho (2019), kdy účastníci házeli standardním míčem (hmotnost 480 g, obvod 58 cm). Hráči mohli použít speciální házenkářské lepidlo a házeli maximální rychlostí na střed branky. Byl zaznamenán nejlepší hod. Rozběh byl omezen na tři kroky s hodem míče za 9m čarou. Každý hráč provedl tři měřitelné hody (Hermassi et al., 2019). Tento test vykazuje nejvyšší spolehlivost pro zkušené házenkáře (ICC = 0,99).

Izokinetika rotátorů ramene

Sportovci provedli tři sub maximální opakování (50 % maximálního úsilí) a jedno maximální opakování na každou rychlost jako přípravu a seznámení se s testem. Poté následovalo 5 maximálních opakování v koncentricko-koncentrickém režimu při úhlových rychlostech 60°/s a 180°/s. Mezi měřeními byl 1minutový odpočinek. Rozsah pohybu byl nastaven na 80° (20° IR, 60° ER) (Bonetti et al., 2019). Měření probíhalo na izokinetickém dynamometru Humac Norm. Ve studiích byl zaznamenán ICC > 0,917 (Castro et al., 2019).

Skok do dálky z místa z obou nohou

Pro hodnocení horizontální síly sportovci prováděli skoky z místa s odrazem oběma nohama. Výchozí pozice byla s prsty těsně za páskou označující 0 cm. Skoky byly prováděny s protipohybem a dopadem na obě nohy. Pohyb paží byl povolen. Výsledkem byl naměřený doskok od posledního kontaktu nohou, či jinou končetinou, se zemí (Ab Rahman et al., 2021; Sekulic et al., 2013; Shrigiriwar; Spasic et al., 2015). ICC: muži 0,96; ženy 0,99 (Ab Rahman et al., 2021).

Skok do dálky z místa z jedné nohy

Test měl stejný postup jako skok do dálky z místa z obou nohou, ale s odrazem a dopadem na stejnou nohu. Tento přístup byl zvolen s ohledem na zkušenosti sportovců (Madruga-Parera

et al., 2021). Všechny zmíněné skoky byly měřeny na silové desce (Kistler 9281, Winterthur, Švýcarsko, frekvence min. 1000 Hz) připojené k počítači s BioWare softwarem. Skoky vykázaly excelentní spolehlivost pro obě nohy ($ICC = 0,99$) (Madruga-Parera et al., 2021).

Izometrický tah od poloviny stehén

Pro test maximální síly sportovci provedli izometrický tah na dvou samostatných silových deskách (Hawking Dynamics, USA), každou nohou zvlášť. Maximální vynaložená síla byla hlavní metrikou pro posouzení maximální silové kapacity (Brady et al., 2020). Pozice a pokyny byly popsány dle Spiteri a kol. (2015). Test obsahoval dva pokusy po 5 sekundách s pětiminutovými pauzami. Test vykázal velmi dobrou až výbornou spolehlivost pro všechny metriky ($ICC = 0,78–0,97$) (García-Sánchez et al., 2024).

Tyto testy byly vybrány na základě jejich relevance k hernímu výkonu v házené a ve většině případů odpovídají mezinárodním standardům testování mladých sportovců (viz např. EHF, IHF, Petruzela a kol., 2023).

9.6 Struktura tréninkového období

V rámci této disertační práce byla aplikována bloková periodizace, která představuje strukturovaný model tréninkového plánování založený na systematickém rozvoji specifických motorických schopností v oddělených časových úsecích – tzv. tréninkových blocích. Tento přístup umožňuje cílenou stimulaci vybraných neuromuskulárních parametrů, přičemž eliminuje konkurenční interferenci mezi tréninkovými podněty (Issurin, 2010). Z metodologického hlediska je bloková periodizace obzvlášť vhodná v kontextu experimentálního výzkumu, neboť umožňuje přesnou kvantifikaci adaptační odezvy na jednotlivé typy zatížení.

Segmentace intervenčního období do dvou samostatných tréninkových bloků umožnila nezávislé zhodnocení účinku bilaterálního-vertikálně orientovaného silového tréninku a unilaterálního-horizontálně orientovaného silového tréninku na výkonnostní ukazatele. Tato struktura podporuje vysokou vnitřní validitu měření a umožňuje přesněji interpretovat efekt dané intervence bez interference jiných typů zatížení.

Využití randomizovaného crossover designu navíc umožnilo, aby každý účastník figuroval jako vlastní kontrola v rámci dvou fází experimentu, čímž se výrazně snížil vliv interindividuálních rozdílů (např. genetická dispozice, tréninková historie, somatotyp atd.). Tento přístup zvyšuje statistickou sílu analýzy a umožňuje jemnější detekci rozdílů mezi testovanými tréninkovými protokoly (Hopkins et al., 2009).

Mezi dvěma intervenčními fázemi byla zařazena šestitýdenní fáze vyhasínání, jejímž cílem bylo minimalizovat přetrvávající (reziduální) adaptační účinky z předchozí tréninkové periody a tím snížit riziko přenosu adaptačních změn do druhého bloku. Tento časový interval byl zvolen na základě předchozích studií, které potvrzují, že většina neuromuskulárních adaptací spojených s výbušným silovým tréninkem má poločas odezvy mezi 2–4 týdny, přičemž šestitýdenní období je dostatečné k návratu výkonnostních parametrů na výchozí hodnoty (Bosquet et al., 2013; Mujika & Padilla, 2000).

Během této fáze nebyl aplikován žádný specifický silový trénink nad rámec běžné sportovní přípravy, která byla standardizována napříč skupinami. Tím bylo zajištěno, že případné změny ve výkonnostních testech po druhé intervenční fázi lze přisoudit výhradně použitému tréninkovému protokolu, nikoliv reziduálním efektům předchozího zatížení. Tento přístup významně zvyšuje vnitřní validitu výzkumu a umožňuje spolehlivější porovnání účinků obou testovaných tréninkových metod.

9.7 Struktura tréninku

Každá tréninková jednotka v rámci experimentu trvala přibližně 45 minut, včetně přípravné části. Tento záměrně zvolený kratší časový rámec reflektuje běžnou realitu sportovních klubů, kde bývá silový trénink zařazován před hlavní trénink na hale, často s omezenými časovými a prostorovými možnostmi. Z tohoto důvodu byl původně plánovaný obsah pěti cviků redukován na tři cviky v rámci každé jednotky. Tato změna byla provedena bez zvýšení rizika pro účastníky a bez dopadu na bezpečnost nebo cíl studie. Tréninkové jednotky probíhaly dvakrát týdně (vždy v úterý a ve čtvrtek) před začátkem tréninku v hale. Cílem bylo mimo jiné poukázat na to, že i při omezeném tréninkovém objemu lze při správné struktuře a cíleném zaměření tréninku dosáhnout relevantních adaptačních změn.

V kontextu moderní sportovní přípravy, zejména v mládežnickém a sezónním (soutěžní období) tréninku, se čím dál častěji uplatňuje koncept tzv. microdosingu, neboli mikrodávkování. Tento přístup spočívá ve frekventovanějším, ale objemově nižším zatížení, které je systematicky rozloženo do více tréninkových jednotek během týdne.

Jak uvádějí Cuthbert a kol. (2024), mikrodávky plyometrického tréninku vedl u mládežnických fotbalistů ke stejným zlepšením v ukazatelích výbušné síly a rychlosti, jako tradiční model se dvěma, objemově náročnými tréninky týdně, přestože byl aplikován pouze poloviční objem.

Tento přístup se opírá o princip minimální efektivní dávky, který předpokládá, že pro stimulaci adaptačních procesů stačí nižší objem, pokud je dostatečně intenzivní a frekventovaný (Cuthbert et al., 2021). V praxi je mikrodávkování využíváno špičkovými trenéry, jako je například Cory Schlesinger, který upozorňuje, že v soutěžním období je realistické a efektivní zařazovat pouze 10–20minutové bloky výbušné síly zaměřené na 1–2 klíčové cviky. Tato strategie má minimální dopad na regeneraci a zatížení sportovce, při zachování tréninkových adaptací, což by měla být priorita – trénink v posilovně nemůže v sezónním období ovlivňovat trénink na hřišti.

Z hlediska aplikace do disertační studie byl proto zvolen tréninkový model s frekvencí 2x týdně, každý trénink v rozsahu 40–50 minut (včetně rozcvičení). Tento objem odpovídá možnostem reálné klubové praxe, kde je čas v posilovně často omezen. Cílem bylo, mimo jiné, poukázat, že i relativně malý tréninkový objem může přinést signifikantní zlepšení fyzických schopností, pokud je trénink optimálně strukturován.

Struktura jednotlivé tréninkové jednotky vycházela z principů blokové periodizace a byla navržena tak, aby v tréninkovém modelu (viz. předchozí odstavec) umožnila dostatečný adaptační efekt i ve dvou opakováních týdně. Tento přístup odpovídá doporučením z oblasti silové přípravy u adolescentních sportovců (Issurin, 2010; Suchomel et al., 2016)

Struktura tréninku:

Dynamické uvolnění – 3–5 minut

Na úvod byla použita zrychlená forma neuromuskulární aktivace prostřednictvím dynamického myofasciálního uvolnění za pomoci válce (foam roller), při kterém hráči využívali vlastní váhu těla a tlak skrze válcovací techniky (např. přední a zadní strana stehna, lýtka). Na rozdíl od tradičního „pomalejšího“ přístupu zde šlo o rychlejší, stimulační provedení s cílem zlepšit aktivaci, snížit svalové napětí a zvýšit citlivost proprioreceptorů (Cheatham et al., 2015; Kurt et al., 2023).

R.A.M.P. protokol rozcvičení – 10-15 minut

Dále následovala přípravná část dle R.A.M.P. modelu (Raise - zahřátí, Activate - aktivace, Mobilize - mobilizace, Potentiate - potenciace), který byl zaveden podle Jeffreyse (2017) a prokázal se jako účinný nástroj pro zvýšení pohybové připravenosti a minimalizaci rizika zranění.

- **Fáze zahřátí:** 3–4 minuty rychlého provedení švihových cvičení, běžeckých ABC, či švihadla za účelem zvýšení tělesné teploty, krevního oběhu a respirační aktivity.
- **Aktivační a mobilizační fáze:** cílená aktivace svalových skupin prostřednictvím cviků jako výpady s rotací, mobilita hrudní páteře, aktivace hýžděových svalů a stabilizace ramen. Tato část sloužila k vytvoření neuromuskulární vazby pro hlavní část tréninku.
- **Potenciační fáze:** série 2–3 výbušných cviků bez zátěže (např. výskoky, plyometrické přeskoky, krátké akcelerační), jejichž cílem bylo připravit nervosvalový systém na vysokou intenzitu v hlavní části.

Hlavní část – silový trénink – 25-30 minut

Hlavní část byla zaměřena na rozvoj výbušných schopností v souladu s experimentálním programem. Dle zařazení do skupiny sportovci prováděli buď bilaterální-vertikální trénink, nebo unilaterální-horizontální trénink. Každý cvik byl prováděn ve 3 sériích

po 5 opakováních s 180 s pauzou, při intenzitě 50 % 1RM nebo RPE 5. Tempo bylo nastaveno jako **X0X0** (maximální výbušná fáze bez zbytečné prodlevy).

9.7.1 Bilaterální – Vertikální trénink

Výběr cvičení v rámci bilaterálního – vertikálně orientovaného silového tréninku byl veden principem biomechanické podobnosti s vertikálně zaměřenými herními činnostmi (např. výskoky, bloky), vysokou neuromuskulární aktivací a zároveň bezpečnou proveditelností u elitních mládežnických hráčů házené. Trénink můžete vidět v tabulce 3.

Tabulka 3.: Bilaterální – Vertikální trénink

	Bilateralní – Vertikální trénink	Série	Opakování	Intenzita / RPE	Odpočinek	Tempo
A1	Výtahy osy s krčením ramen od poloviny stehen	3	5	50% / 5	180 s	X0X0
B1	Výskoky s hex osou	3	5	50% / 5	180 s	X0X0
C1	Rumunský mrtvý tah s osou	3	5	50% / 5	180 s	X0X0

Tabulka 3.: RPE – rate of perceived exertion = Subjektivně vnímané úsilí na škále od 1 do 10

A1 – Výtahy osy s krčením ramen od poloviny stehen

Výbušné bilaterální cvičení vycházející z olympijského vzpírání. Výchozí pozice je v prostřední části stehen s činkou drženou nadhmatem v mírném předklonu. Hráč se výbušné narovná (snaží se o extenzi kyčle), čímž vytváří maximální vertikální sílu, přičemž ramena „krčí“ a činka vystřelí vzhůru bez finálního zachycení.

V tomto cviku byla snaha o tzv. „delayed knee extension“, kde nám primárně šlo o oddálení extenze kolene. Tato sekvence umožňuje nejprve extenzi v kyčlích, zatímco kolena zůstávají mírně pokrčená, což vede k lepšímu využití zadního řetězce a vyšší vertikální rychlosti činky. Tento princip zvyšuje přenos silového výkonu do vertikálně orientovaných pohybů, jako jsou výskoky (Comfort, 2015; Comfort et al., 2011). Oddálení extenze kolen odpovídá i

hernímu provedení výbušných pohybů v házené, a proto bylo jeho dodržení záměrně vyžadováno v rámci tréninkového protokolu bez nutnosti zvládnutí celé techniky olympijského vzpírání, čímž snižuje nároky na koučování u mládeže (Oranchuk et al., 2019).

B1 – Výskoky s hex osou

Výskoky s hex osou byly v rámci této studie zařazeny s cílem rozvíjet výbušnou sílu prostřednictvím dynamického výskoku ve vertikálním směru a zároveň vytvořit podmínky pro vyšší aktivaci přední strany stehen. K tomu napomáhalo specifické nastavení výchozí pozice díky hex ose – sportovci byli instruováni vycházet z hlubšího postavení podobného dřepu, čímž došlo k většímu ohnutí kolen, a tedy i důrazu na extenzní aktivitu svalů přední strany stehen. Tato biomechanika zároveň podporovala synchronizované zapojení trojitě extenze (kotník–koleno–kyčel), která je typická pro výbušné pohyby v házené, jako jsou výskoky.

Výběr hex osy přitom umožňuje centrické rozložení zátěže, snižuje předozadní tahy na páteř a činí cvik bezpečnější i lépe proveditelný u mladých sportovců. Tímto přístupem bylo možné optimalizovat biomechanickou i neuromuskulární specifitu pohybu při současném zachování technické jednoduchosti a bezpečnosti (Suchomel et al., 2019; Swinton et al., 2012).

C1 – Rumunský mrtvý tah

Byl zařazen jako vertikálně orientované bilaterální cvičení se záměrem zatížit zadní svalový řetězec, zejména svaly zadní strany stehen a hýžděové svaly, a to v prodloužené pozici, která je v současnosti považována za klíčový faktor v prevenci poranění zadní strany stehen – srovnatelný s excentrickým spouštěním v podobě Nordic hamstring curls (Hegyi et al., 2018).

Důraz byl kladen na rychlou excentrickou fázi pohybu, která podle aktuálních poznatků přispívá k posílení šlacho-svalového komplexu a snižuje riziko zranění (Edouard et al., 2019). Tato forma excentrické kontrakce se ukazuje jako efektivní nejen pro rozvoj síly, ale i pro zlepšení strukturální odolnosti měkkých tkání.

Rumunský mrtvý tah byl zařazen za účelem rozvoje síly, ale také z preventivních důvodů – jako bezpečná a technicky proveditelná varianta pro sportovní prostředí, kde jsou běžné opakované skoky a brždění pohybu. Vyšší excentrická aktivace svalů zadní strany stehů totiž souvisí se zvýšením horizontálních složek reakční síly, které hrají klíčovou roli například při akceleraci. Tuto souvislost prokázala studie zaměřená na biomechanické determinanty horizontálního výkonu od J. B. Morina (2015).

9.7.2 Unilaterální – Horizontální trénink

Výběr cvičení v rámci unilaterálního-horizontálně orientovaného silového tréninku byl veden principem biomechanické podobnosti s herními činnostmi, které probíhají v horizontálním směru a jednostranném zatížení – zejména akcelerací, výpady, brzděním a změnami směru. Cílem bylo vyvolat specifické neuromuskulární adaptace, které se promítnou do zlepšení výkonu v těchto klíčových aspektech hry. Zároveň byla kladena důraz na praktickou proveditelnost a bezpečnost provedení u elitních mládežnických hráčů házené. Trénink můžete vidět v tabulce č. 4.

Tabulka 4.: Unilaterální - Horizontální trénink

	Unilateralní – Horizontální trénink	Série	Opakování	Intenzita / RPE	Odpočinek	Tempo
A1	Tlačení saní	3	5	50% / 5	180 s	X0X0
B1	Přemístění jednoruček od stehů do střihu s dokrokem na box	3	5	50% / 5	180 s	X0X0
C1	Zvedání pánve s velkou osou s oporou jedné nohy	3	5	50% / 5	180 s	X0X0

Tabulka 4.: RPE – rate of perceived exertion = Subjektivně vnímané úsilí na škále od 1 do 10

A1 – Tlačení saní

Tlačení bylo v rámci unilaterálně–horizontálně orientovaného tréninku zařazeno jako ekvivalent k výskokům s hex osou, používanému v bilaterálně–vertikálním tréninku. Oba cviky byly vybrány pro svůj vysoký přenos do herního výkonu – v případě zatížených výskoků zejména do vertikálních výskoků, zatímco tlačení saní cíleně směřuje na horizontální produkci síly, které mohou taktéž připomínat skoky vzhledem k odrazové fázi u každého kroku. Zásadní důraz byl kladen na dosažení trojitě extenze (kotník–koleno–kyčel), která je pro transfer síly nezbytná – stejně jako u výskoků s hex osou. Právě v této koordinované sekvenci se uplatňuje efektivní přenos síly do pohybu vpřed, který je rozhodující pro akceleraci.

Cílem bylo vytvořit přiměřenou biomechanickou analogii mezi tréninky – tedy najít cvik, který bude stejně jako výskoky s hex osou generovat vysokou silovou produkci, ale v unilaterálním postavení horizontálním směru. Při zatlačení do saní z nakloněné pozice (cca 45 stupňů) dochází ke stimulaci předozadního směru síly, což zvyšuje jeho specifitu pro akcelerační fáze v herním výkonu (Kawamori et al., 2014). Morin (2017) ve své práci poukazuje na to, že velmi dobrých výsledků můžeme dosáhnout při tlačení saní o hmotnosti vyšší než je 80% tělesné hmotnosti, zatímco Kawamori (2014) udává, že k výraznému zlepšení horizontální síly dochází již při 30% tělesné hmotnosti. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli, že zvolíme zátěž 50% tělesné hmotnosti z důvodu jednoduchosti a aplikovatelnosti vzhledem k charakteru celého výzkumu.

Výhodou tlačení saní je navíc vysoká bezpečnost a relativně nízká technická náročnost, která umožňuje jeho zařazení i v mládežnickém tréninku bez rizika chybného provedení nebo přetížení. Díky tomu je tento cvik výborným nástrojem pro rozvoj specifické výbušné síly v horizontálním vektoru a přirozeně zapadá do logiky silového tréninku této disertační práce.

B1 – Přemístění jednoruček od stehů do stříhu s dokrokem na box

Tato unilaterální varianta dílčí části vzpěračského cviku byla zvolena jako funkční analogie k bilaterálnímu výtahu činky s krčením ramen. Cílem bylo zachovat princip „delayed knee extension“, kdy je v iniciační fázi dominantní extenze kyčelního kloubu, zatímco kolenní kloub zůstává mírně ve flexi. Tento pohybový vzor umožňuje vyšší zapojení svalů zadního

řetězce, a tedy efektivnější přenos do sportovních pohybů, které se opírají o extenzní práci kyčlí v horizontálním směru.

Použití unilaterálních přemístění na box zároveň redukuje technickou náročnost tradičních vzpěračských cviků, aniž by došlo ke ztrátě klíčových biomechanických principů. Unilaterální-horizontální charakter cviku dále podporuje rovnováhu mezi končetinami a vyšší aktivaci svalů, které odpovídají za stabilitu ve frontální a transverzální rovině pohybu. Tato aktivace je primárně z důvodu vyšších nároků na interní stabilitu.

Tento přístup je v souladu se zjištěními Comforta a kol. (2011), kteří zdůrazňují přenos výbušných unilaterálních cviků na sportovní výkon, zejména při zachování mechanické sekvence kyčel-koleno-kotník a kontrolovaného oddálení extenze kolene. Výhodou je rovněž snadnější nácvik, vyšší bezpečnost a specifita pro házenkářské pohyby.

C1 – Zvedání pánve s velkou osou s oporou jedné nohy

Tato varianta se zaměřuje především na zkrácenou pozici hýžděových svalů, což přispívá k jejich silovému rozvoji v klíčovém rozsahu pohybu. Ačkoli se činka během cviku pohybuje převážně ve vertikálním směru, biomechanika cviku podporuje horizontální produkci síly prostřednictvím extenzorů kyčle – zejména v koncentrické fázi pohybu. A při konečném důsledku musíme brát v potaz produkci síly ve vztahu k tělu, čímž se, díky gravitaci stává tento cvik výborným prostředkem, jak zatížit výsledný horizontální vektor, ačkoliv odpor ku zemi opisuje vertikální dráhu. Tyto principy vychází ze studie Fitzpatricka (2019).

Tato mechanická orientace dává cviku vysokou specifitu vzhledem k házenkářským činnostem, kde právě horizontální akcelerace z jedné nohy či výpady tvoří základ herního výkonu. Výběr této unilaterální varianty zároveň odpovídá snaze cíleně zatěžovat jednotlivé končetiny a pracovat s případnými dysbalancemi, čímž se zvyšuje účinnost i preventivní hodnotu tréninku (Contreras et al., 2015)

V kontextu mládežnické házené se jedná o bezpečné a vysoce specifické cvičení, které přispívá nejen k výkonnosti, ale i ke snížení rizika zranění – zejména v oblasti spodních zad a zadní strany stehů. Tato varianta cviku, zvednutím jedné z končetin umožňuje kontrolované

zatížení kyčlí bez výrazného zapojení bederní páteře z důvodu špatně biomechanicky prováděného zvedání pánve s velkou osou s oporou o lavici v bilaterální variantě, která končí chybně hyperextenzí v bederní páteři. Výběr tohoto cviku rovněž koresponduje s bilaterálním-vertikálním tréninkem a konkrétně je snaha o cílené zaměření na svaly zadní strany stehen a hýžd'ové svaly, stejně jako u Rumunského mrtvého tahu, avšak v této variantě na zmíněnou zkrácenou pozici.

10 Výsledky

10.1 Skupinová analýza agregovaných dat

V rámci prvního analytického přístupu byla provedena skupinová analýza dat agregovaných napříč časem, což umožnilo vyhodnotit hlavní efekty faktoru času, skupinového rozdělení a jejich vzájemné interakce čas x trénink. Tento model maximalizoval statistickou sílu tím, že využíval větší objem dat v každé analyzované metrice.

Analýza ANOVA pro opakovaná měření odhalila významný hlavní efekt času napříč klíčovými výkonovými testy – konkrétně výskok s protipohybem, izometrický tah a rychlost hodů, Rychlost na 10 m. Tato zlepšení naznačují celkové zvýšení výkonnosti nezávisle na zařazené tréninkové skupině, což lze pravděpodobně přičíst kombinaci tréninkových adaptací. Signifikantní časový efekt se projevil rovněž u somatických faktorech a tělesném složení (ICW, ECW, tělesná výška, hmotnost), což dále podporuje přítomnost systémových změn spojených s adolescentním růstem.

Efekt samotného typu tréninkové intervence byl statisticky významný u proměnných vertikálního výskoku s protipohybem, izokinetické síly při rychlosti 180°/s, rychlosti hodů a agility T-testu. Skupina s bilaterálním-vertikálním silovým tréninkem dosáhla nejvyšších hodnot v post testech, což naznačuje vyšší efektivitu této metody v kontextu rozvoje vertikální výbušné síly a síly horní poloviny těla. Interakční efekt mezi časem a tréninkem (čas x trénink) byl zaznamenán pouze u některých ukazatelů (zejména výskok s protipohybem a částečně u skoků do dálky z místa s obou nohou a pravé nohy), což ukazuje na částečně odlišné adaptační trajektorie mezi jednotlivými skupinami, ačkoliv většina proměnných vykazovala paralelní trend napříč skupinami.

Post-hoc analýza odhalila statisticky významné zlepšení mezi vstupním a výstupním měřením u několika klíčových proměnných. Nejvýraznější změny byly zaznamenány v testech výbušné síly a absolutní síly dolních končetin. Ve skoku do dálky z místa z obou nohou došlo k signifikantnímu zlepšení ($p < 0,001$) s velkým účinkem (Cohenovo $d = 1,01$), přičemž specificky pravá dolní končetina rovněž vykazovala významné zlepšení ($p < 0,001$; $d = 0,87$), zatímco levá končetina nevykazovala signifikantní změnu.

V testu vertikálního výskoku s protipohybem bylo zjištěno statisticky významné zlepšení výkonu ($p < 0,001$) s velkým účinkem ($d = 1,27$), stejně tak i u izometrického tahu, kde byl účinek rovněž velký ($p < 0,001$; $d = 1,66$).

Dále bylo zaznamenáno významné zrychlení na 10 m ($p < 0,001$; $d = 1,82$), což potvrzuje pozitivní efekt tréninkové intervence na akcelerační schopnosti hráčů. Významné zlepšení bylo také detekováno u hodů ($p = 0,006$; $d = 0,76$), výšce ($p = 0,021$; $d = 0,80$), hmotnosti ($p = 0,047$; $d = 0,73$), objemu ECW ($p = 0,018$; $d = 0,83$) a ICW ($p < 0,001$; $d = 1,78$). Naopak u ostatních proměnných nebyly v post-hoc analýze detekovány statisticky významné rozdíly mezi pre-post testováním.

Souhrnně lze říct, že obě tréninkové modalities vedly ke zlepšení výkonu, avšak bilaterální-vertikální trénink vykázal konzistentnější a statisticky významnější výsledky. Tyto výsledky podtrhují význam biomechanické specifity – zejména směru silového vektoru – v procesu fyzického rozvoje mladých elitních hráčů házené. Celkové výsledky skupinové analýzy můžete pozorovat v tabulce č. 5.

Tabulka 5.: Celkové výsledky skupinové analýzy agregovaných dat

Test	Efekt času (F, p)	Efekt skupiny (F, p)	Interakce čas x skupina (F, p)	Post hoc – čas (PRE vs POST)	Cohenovo d (čas)
Skok do dálky z místa z obou nohou	F(1,17) = 23,17; p < 0,001	F(1,12) = 4,10; p = 0,053	F(1,95) = 0,06; p = 0,942	p < 0,001	d = 1,01
Skok do dálky z místa z levé nohy	F(1,17) = 2,69; p = 0,120	F(1,09) = 8,24; p = 0,009	F(1,80) = 0,36; p = 0,677	n.s.	n.s.
Skok do dálky z místa z pravé nohy	F(1,17) = 16,73; p < 0,001	F(1,19) = 5,31; p = 0,027	F(1,60) = 0,10; p = 0,867	p < 0,001	d = 0,87
Izometrický tah od poloviny stehen	F(1,17) = 58,41; p < 0,001	F(1,36) = 2,00; p = 0,168	F(1,57) = 0,82; p = 0,424	p < 0,001	d = 1,66
Hod ze tří kroků	F(1,17) = 9,81; p = 0,006	F(1,13) = 10,02; p = 0,004	F(1,75) = 2,61; p = 0,097	p = 0,006	d = 0,76
T-Test	F(1,17) = 1,19; p = 0,281	F(1,87) = 4,68; p = 0,033	F(1,92) = 0,03; p = 0,867	n.s.	n.s.

	p = 0,291	p = 0,018	p = 0,969		
Výskok s protipohybem	F(1,17) = 27,43; p < 0,001	F(1,14) = 9,15; p = 0,005	F(1,76) = 0,52; p = 0,580	p < 0,001	d = 1,27
Izokinetika při rychlosti 60°/s	F(1,17) = 0,81; p = 0,380	F(1,46) = 3,70; p = 0,051	F(1,99) = 0,32; p = 0,727	n.s.	n.s.
Izokinetika při rychlosti 180°/s	F(1,17) = 1,96; p = 0,180	F(1,28) = 6,15; p = 0,015	F(1,65) = 1,06; p = 0,349	n.s.	n.s.
Rychlost 10 m	F(1,17) = 28,57; p < 0,001	F(1,37) = 3,41; p = 0,066	F(1,72) = 0,47; p = 0,598	p < 0,001	d = 1,82
Rychlost 30 m	F(1,17) = 1,47; p = 0,242	F(1,24) = 5,52; p = 0,023	F(1,85) = 1,10; p = 0,342	n.s.	n.s.
Výška	F(1,17) = 6,45; p = 0,021	F(1,37) = 0,92; p = 0,411	F(1,55) = 1,39; p = 0,275	p = 0,021	d = 0,80
Hmotnost	F(1,17) = 4,60; p = 0,047	F(1,52) = 3,04; p = 0,068	F(1,52) = 0,11; p = 0,899	p = 0,047	d = 0,73
ECW	F(1,17) = 6,84; p = 0,018	F(1,53) = 1,95; p = 0,162	F(1,57) = 3,10; p = 0,063	p = 0,018	d = 0,83
ICW	F(1,17) = 27,05; p < 0,001	F(1,39) = 2,48; p = 0,112	F(1,43) = 1,48; p = 0,254	p < 0,001	d = 1,78

Tabulka 5.: n.s. – výsledek není signifikantní

10.1.1 Skok do dálky z místa z obou nohou

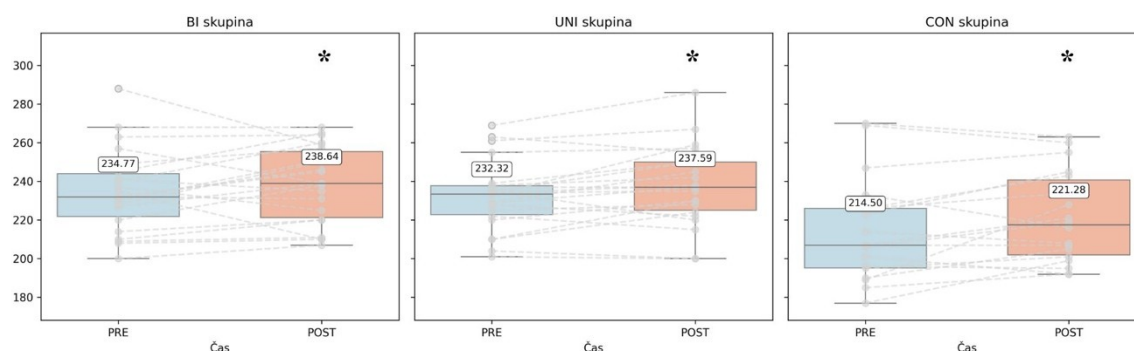
V testu skoku do dálky z místa z obou nohou byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 23,17$; $p < 0,001$), což naznačuje, že výkon ve skoku do dálky z místa z místa se po intervenci celkově zlepšil napříč všemi účastníky. Velikost účinku $\eta^2_{\text{G}} = 0,027$ odpovídá malému až střednímu efektu.

Hlavní efekt skupiny se pohyboval na hranici statistické významnosti ($F(1,12) = 4,10$; $p = 0,053$; $\eta^2_{\text{G}} = 0,016$), přičemž výkonnostní rozdíly mezi skupinami nebyly dostatečně výrazné k dosažení standardního prahu významnosti. Interakce čas x skupina nebyla významná ($F(1,95) = 0,06$; $p = 0,942$; $\eta^2_{\text{G}} = 0,011$), což ukazuje, že změny ve výkonu po intervenci byly obdobné napříč všemi skupinami.

Post-hoc analýza potvrdila statisticky významné zlepšení mezi pre a post napříč souborem ($p < 0,001$), s rozdílem průměrných hodnot o 6,02 cm. Velikost efektu byla $d = 1,17$, což představuje velký účinek. V rámci skupinových kontrastů však žádný z párů skupin (BI vs UNI, BI vs CON, UNI vs CON) nedosáhl statistické významnosti (všechny $p > 0,14$), a stejně tak nebyly významné žádné interakce mezi konkrétními skupinami v různých časových bodech.

Výsledky ukazují, že tréninková intervence vedla k významnému zlepšení výkonnosti v testu skoku do dálky z místa z obou nohou, avšak bez jednoznačně odlišného účinku mezi bilaterální, unilaterální a kontrolní skupinou. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafu 1.

Graf 1: Výsledky skoku do dálky z místa z obou nohou (cm)



Graf 1.: Hvězdička (*) označuje statisticky významný rozdíl mezi pre a post na hladině $p < 0,05$

10.1.2 Skok do dálky z místa z levé nohy

V testu skoku do dálky z místa z levé nohy nebyl nalezen statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 2,687$; $p = 0,120$), což ukazuje, že výkon v tomto testu se napříč celým souborem významně nezměnil v čase. Velikost efektu η^2_{G} nebyla uvedena, ale vzhledem k hodnotě F a p lze odhadnout spíše nízký účinek.

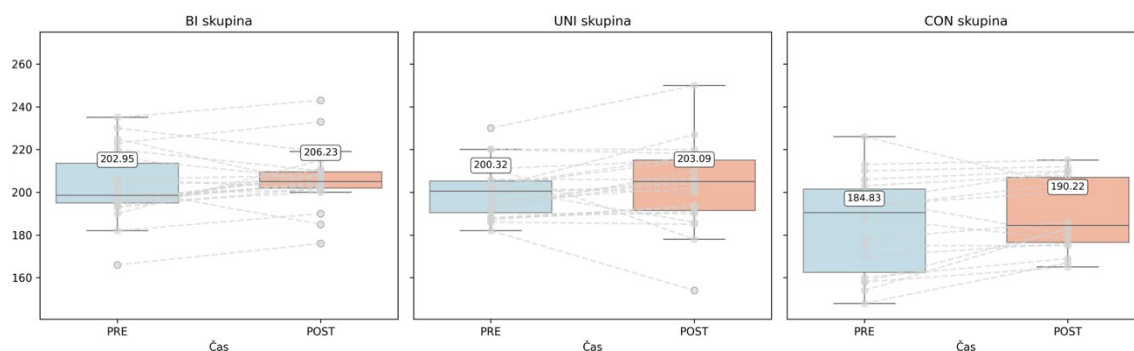
Byl však zaznamenán statisticky významný hlavní efekt skupiny ($F(1,09, 18,55) = 8,242$; $p = 0,009$), což ukazuje, že mezi jednotlivými tréninkovými skupinami byly přítomny významné rozdíly ve výkonnosti bez ohledu na čas. Interakce čas x skupina nebyla

statisticky významná ($F(1,80, 30,67) = 0,363$; $p = 0,677$), což znamená, že průběh změny v čase byl mezi skupinami podobný.

Post-hoc analýza pro hlavní efekt skupiny ukázala, že skupina BI měla statisticky významně vyšší výkon než kontrolní skupina ($p = 0,016$), zatímco rozdíl mezi skupinou UNI a CON se pohyboval těsně pod hranicí významnosti ($p = 0,057$). Rozdíl mezi skupinou BI a UNI nebyl významný ($p = 0,194$). V post-hoc porovnání jednotlivých kombinací čas x skupina byl jediný statisticky významný rozdíl nalezen mezi PRE-CON a POST-BI ($p = 0,041$), což může naznačovat selektivní zlepšení v tréninkové skupině ve srovnání s výchozím výkonem kontrolní skupiny.

Celkově lze konstatovat, že zatímco celkový časový vývoj výkonu nebyl signifikantní, tréninkové skupiny, zejména skupina s bilaterálním zaměřením, dosahovaly vyšší výkonnosti než kontrolní skupina, což naznačuje možný specifický přínos tohoto typu zatížení. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafu 2.

Graf 2: Výsledky skoku do dálky z místa z levé nohy (cm)



10.1.3 Skok do dálky z místa z pravé nohy

V testu skoku do dálky z místa z pravé nohy byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 16,73$; $p < 0,001$), což ukazuje na celkové zlepšení výkonnosti napříč celým souborem po tréninkové intervenci.

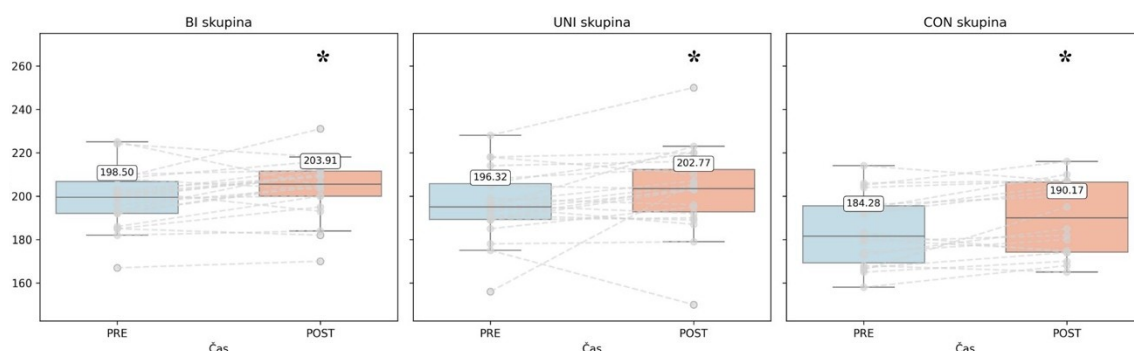
Dále byl zjištěn statisticky významný hlavní efekt skupiny ($F(1,19, 20,29) = 5,31$; $p = 0,027$), což poukazuje na rozdíly mezi skupinami bez ohledu na čas. Interakce čas x skupina však nebyla významná ($F(1,60, 27,12) = 0,10$; $p = 0,867$), tedy změny výkonu v čase byly mezi skupinami obdobné.

Post-hoc analýza ukázala významné zlepšení mezi pre a post napříč souborem ($p < 0,001$), s rozdílem průměrných hodnot o 5,59 cm. Cohenovo $d = 0,99$ značí velký účinek. Ve srovnání mezi skupinami dosáhl rozdíl mezi skupinou BI a kontrolní skupinou hraniční významnosti ($p = 0,052$), zatímco rozdíl mezi UNI a CON nebyl významný ($p = 0,142$). Rozdíl mezi skupinou BI a UNI byl nevýznamný ($p = 1,000$).

V post-hoc analýzách interakcí čas x skupina byl jediný statisticky významný rozdíl zjištěn mezi skupinou PRE-CON a POST-BI ($p = 0,038$). Ostatní srovnání nebyla statisticky významná (všechny $p > 0,05$).

Výsledky naznačují, že výkon ve skoku do dálky z místa z pravé nohy se zlepšil napříč souborem, a že skupina s bilaterálním tréninkem mohla dosáhnout lepších výsledků než kontrolní skupina, i když s omezenou statistickou oporou. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafu 3.

Graf 3: Výsledky skoku do dálky z místa z pravé nohy (cm)



Graf 3.: Hvězdička (*) označuje statisticky významný rozdíl mezi pre a post na hladině $p < 0,05$

10.1.4 Výskok s protipohybem

V testu výskoku s protipohybem byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 27,425$; $p < 0,001$), což ukazuje na celkové zlepšení výbušné síly dolních končetin napříč celým souborem po tréninkové intervenci.

Také hlavní efekt skupiny byl statisticky významný ($F(1,14) = 9,151$; $p = 0,005$), což indikuje rozdíly mezi tréninkovými skupinami bez ohledu na čas. Naproti tomu interakce čas x skupina nebyla statisticky významná ($F(1,76) = 0,515$; $p = 0,580$), což znamená, že zlepšení výkonnosti bylo přítomno napříč všemi skupinami bez výrazného rozdílu v trendu změn.

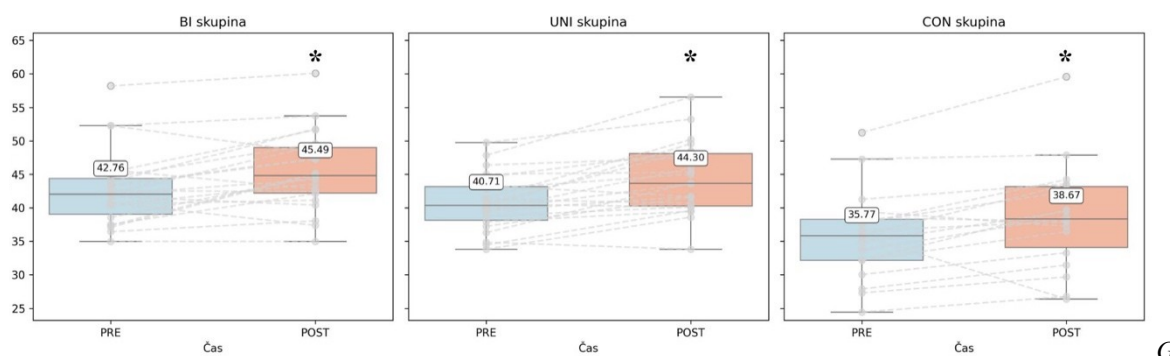
Post-hoc analýza ukázala významné zlepšení mezi pre a post napříč souborem ($p < 0,001$), s rozdílem průměrných hodnot o 2,87 cm. Velikost efektu Cohenovo $d = 1,27$ svědčí o velkém efektu tréninku.

Ve srovnání skupin bylo zjištěno, že skupina BI měla významně vyšší hodnoty než UNI ($p = 0,046$; $d = 0,88$) i než kontrolní skupina ($p = 0,014$; $d = 1,49$). Také skupina UNI byla výkonnově nad kontrolní skupinou ($p = 0,042$; $d = 0,94$).

V post-hoc analýzách interakcí čas x skupina se ukázaly významné rozdíly mezi PRE-CON a POST-BI ($p = 0,007$), mezi UNI-PRE a POST-BI ($p = 0,007$) a mezi UNI-PRE a POST-UNI ($p = 0,015$), což dokresluje výrazné zlepšení tréninkových skupin oproti výchozí úrovni kontrolní skupiny.

Výsledky testu ukazují, že tréninková intervence vedla k významnému zlepšení výkonnosti, přičemž bilaterální i unilaterální trénink byl efektivní, avšak bilaterální přístup měl tendenci vykazovat vyšší efektivitu než ostatní. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafu 4.

Graf 4: Výsledky výskoku s protipohybem (cm)



raf 4.: Hvězdička (*) označuje statisticky významný rozdíl mezi pre a post na hladině $p < 0,05$

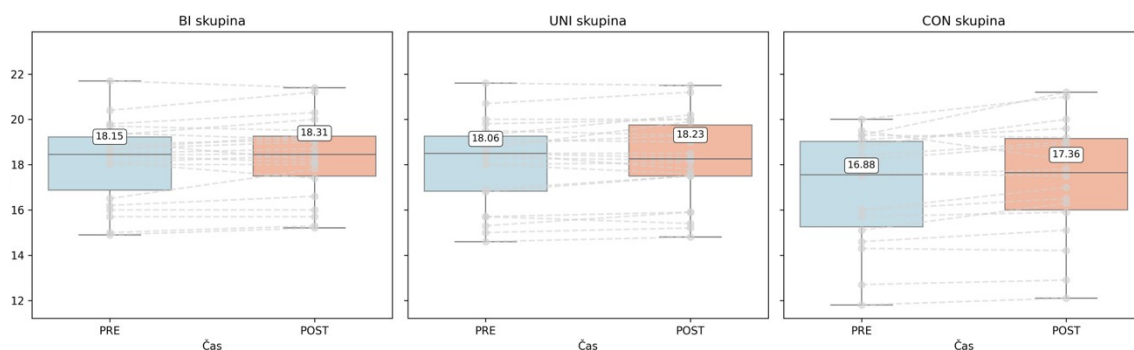
10.1.5 Tělesné složení a tělesná výška (Výška, Váha ECW, ICW)

Tělesná výška vykazovala také významný časový efekt ($F(1, 17) = 6,45$; $p = 0,021$), což je u dospívajících sportovců očekávaný vývojový jev. Efekt skupiny ($F(1,02, 17,32) = 0,72$; $p = 0,411$) a interakce čas x skupina ($F(1,08, 18,43) = 1,29$; $p = 0,275$) nebyly statisticky významné. Post-hoc test ukázal rozdíl mezi pre post o $+0,63$ cm ($p = 0,021$; $d = 0,62$), bez významných rozdílů mezi skupinami.

Tělesná hmotnost se po tréninkové intervenci statisticky významně snížila ($F(1, 17) = 4,60$; $p = 0,047$). Hlavní efekt skupiny nedosáhl statistické významnosti ($F(1,02, 17,38) = 3,76$; $p = 0,068$) a interakce čas x skupina rovněž nebyla významná ($F(1,37, 23,32) = 0,05$; $p = 0,899$). Post-hoc analýza potvrdila pokles mezi pre a post s rozdílem $-0,52$ kg ($p = 0,047$; Cohenovo $d = 0,52$). Mezi skupinami ani v jejich interakci se časem nevyskytly žádné významné rozdíly.

Extracelulární voda (ECW) rovněž vykazovala statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 6,84$; $p = 0,018$), tedy došlo k mírnému nárůstu této složky vody v organismu. Efekt skupiny nebyl významný ($F(1,02, 17,32) = 2,13$; $p = 0,162$) a interakce čas x skupina byla na hranici významnosti ($F(1,85, 31,37) = 3,10$; $p = 0,063$). Post-hoc test ukázal rozdíl mezi pre a post o $+0,25$ l ($p = 0,018$; $d = 0,63$). Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafu 5.

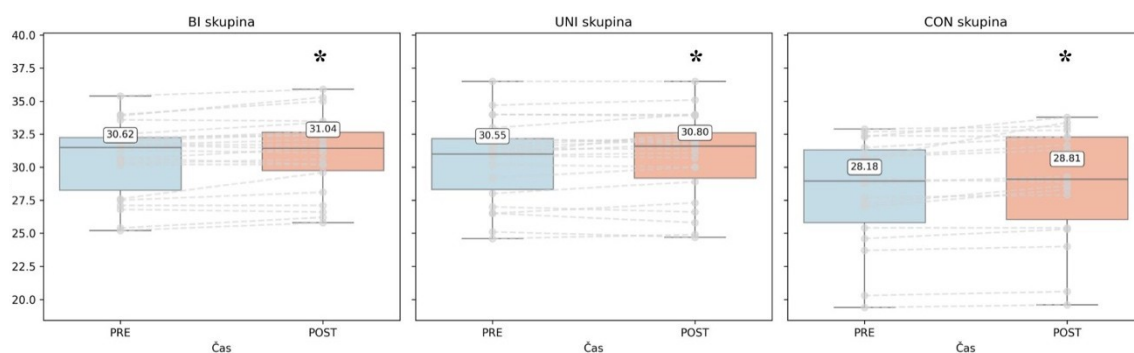
Graf 5: Výsledky extracelulární vody (L)



Intracelulární voda se po intervenci významně zvýšila ($F(1, 17) = 27,05$; $p < 0,001$), což představuje výrazný hlavní efekt s odhadovaným velkým účinkem ($d = 1,26$). Hlavní efekt skupiny nebyl významný ($F(1,02, 17,29) = 2,80$; $p = 0,112$), stejně jako interakce čas x skupina ($F(1,71, 29,12) = 1,43$; $p = 0,254$). Post-hoc analýza potvrdila rozdíl mezi pre a post o $+0,43$ l ($p < 0,001$). Mezi skupinami nebyly zjištěny významné rozdíly.

Souhrnně lze říct, že vývoj tělesných parametrů svědčí o mírné redukci hmotnosti, nárůstu výšky a výrazném navýšení podílu intracelulární a extracelulární vody, což může odrážet zlepšení trénovanosti a buněčné hydratace. Tyto změny nejsou jen statisticky významné, ale v několika případech lze hovořit i o věcné významnosti. Například pokles hmotnosti o přibližně půl kilogramu může být při udržení nebo nárůstu výkonnosti žádoucí z hlediska relativní síly, zejména ve sportech závislých na odrazové a rychlostní schopnosti. Podobně nárůst intracelulární vody o více než 0,4 litru může být známkou lepšího stavu svalové hmoty a metabolické aktivity, což je prakticky relevantní ukazatel adaptace na zatížení. Efekty byly víceméně konzistentní napříč skupinami bez specifického vlivu typu tréninku, což naznačuje, že pozitivní změny mohly být výsledkem obecného tréninkového objemu, nikoliv specifické orientace zatížení. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafu 6.

Graf 6: Výsledky intracelulární vody (L)



Graf 6.: Hvězdička (*) označuje statisticky významný rozdíl mezi pre a post na hladině $p < 0,05$

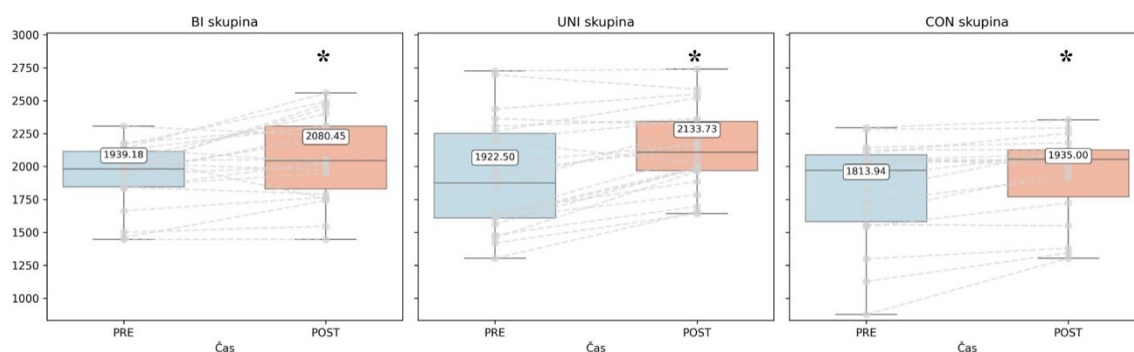
10.1.6 Izometrický tah od poloviny stehů

V testu izometrického tahu od poloviny stehů byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 58,409$; $p < 0,001$), což ukazuje na výrazné zlepšení maximální izometrické síly po tréninkové intervenci napříč celým souborem. Tento efekt lze považovat za věcně významný – rozdíl mezi pre a post činil 168 N, což odpovídá velmi výraznému zlepšení síly, potvrzenému i velikostí efektu ($d = 1,12$).

Hlavní efekt skupiny nebyl statisticky významný ($F(1,36, 23,15) = 1,999$; $p = 0,168$), což naznačuje, že průměrná výkonnost jednotlivých tréninkových skupin se nelišila napříč měřeními. Interakce čas x skupina rovněž nebyla statisticky významná ($F(1,57, 26,76) = 0,821$; $p = 0,424$), což ukazuje, že všechny skupiny zaznamenaly srovnatelné zlepšení bez rozdílů ve směru nebo rozsahu změny.

Post-hoc analýza potvrdila významné zlepšení mezi pre a post v celém souboru ($p < 0,001$). V rámci kontrastů skupin a časových kombinací byly pozorovány jednotlivé statisticky významné rozdíly: POST-BI byla výkonově nad skupinou PRE-UNI ($p = 0,036$), PRE-UNI byla zároveň významně nižší než POST-UNI ($p = 0,008$) a POST-CON byla významně vyšší než PRE-CON ($p = 0,017$). Tyto výsledky ukazují, že hlavní změny probíhaly především v rámci jednotlivých skupin, a nikoliv mezi nimi. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafu 7.

Graf 7: Výsledky izometrického tahu od poloviny stehů (N)



Graf 7.: Hvězdička (*) označuje statisticky významný rozdíl mezi pre a post na hladině $p < 0,05$

10.1.7 Izometrická síla ramene 60°/s a 180°/s

V testu izometrické síly při 60°/s nebyl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 0,813$; $p = 0,380$), což znamená, že celkový výkon se napříč souborem po intervenci nezměnil. Hlavní efekt skupiny se pohyboval na hranici významnosti ($F(1,46, 24,87) = 3,702$; $p = 0,051$), což naznačuje možné výkonnostní rozdíly mezi skupinami bez ohledu na čas. Interakce čas x skupina nebyla statisticky významná ($F(1,99, 33,86) = 0,320$; $p = 0,727$).

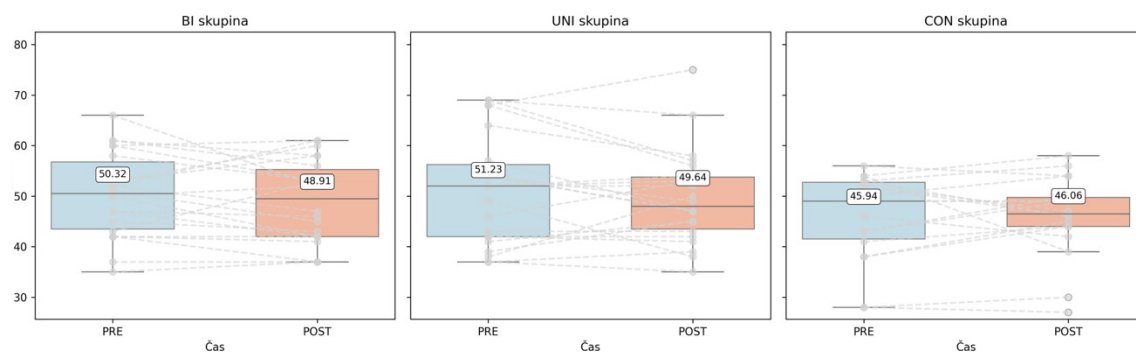
Post-hoc testy nepotvrdily žádné významné rozdíly ani mezi skupinami, ani mezi časovými body. Věcně lze říct, že izometrická síla při pomalé rychlosti se významně nezměnila v důsledku tréninku, což může být způsobeno relativně krátkým trváním intervence nebo tím, že nebyl použit dostatečně specifický podnět k ovlivnění maximální síly.

V testu ISO180 byl hlavní efekt času opět nevýznamný ($F(1, 17) = 1,96$; $p = 0,180$), stejně tak interakce čas x skupina ($F(1,65, 28,02) = 1,06$; $p = 0,349$). Naopak byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt skupiny ($F(1,28, 21,83) = 6,15$; $p = 0,015$), což značí rozdíly mezi skupinami nezávisle na čase.

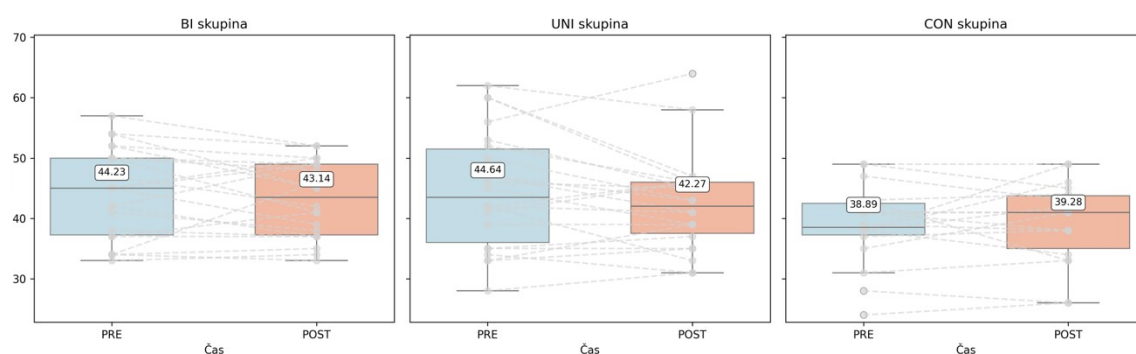
Post-hoc analýza ukázala, že skupina BI dosáhla významně vyššího výkonu než kontrolní skupina ($p = 0,010$; $d = 1,24$), zatímco rozdíly mezi skupinami UNI a CON nebyly statisticky významné. Také některé specifické kombinace v rámci čas x skupina ukázaly statisticky významné rozdíly, například PRE-CON oproti POST-BI ($p = 0,039$) a PRE-CON oproti

POST-CON ($p = 0,019$), což může naznačovat přirozený posun v kontrolní skupině, případně efekt základní variability. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafech 8 a 9.

Graf 8: Výsledky izokinetické síly při rychlosti 60°/s (Nm)



Graf 9: Výsledky izokinetické síly při rychlosti 180°/s (Nm)



10.1.8 Rychlost na 10 m a 30 m

V testu běhu na 10 metrů byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 28,565$; $p < 0,001$), což naznačuje celkové zlepšení akcelerační rychlosti napříč souborem. Odpovídající rozdíl mezi pre a post byl $-0,047$ s, s velkým efektem ($d = 1,30$).

Hlavní efekt skupiny ($F(1,37, 23,21) = 3,407$; $p = 0,066$) se pohyboval na hranici statistické významnosti, naznačujíc potenciální rozdíly mezi skupinami. Interakce čas x skupina nebyla

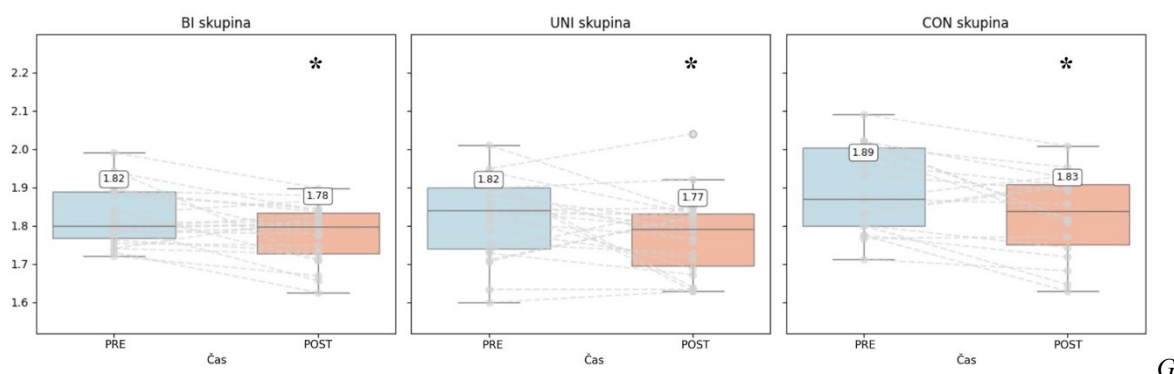
statisticky významná ($F(1,72, 29,18) = 0,474$; $p = 0,598$), což značí podobný trend zlepšení ve všech skupinách.

Post-hoc analýzy potvrdily významné zlepšení mezi pre a post ($p < 0,001$). Rozdíl mezi POST-BI a POST-CON byl významný ($p = 0,044$), stejně jako rozdíl mezi POST-UNI a POST-CON ($p = 0,013$), což naznačuje, že tréninkové skupiny dosáhly většího zlepšení než kontrolní skupina. Rozdíly mezi BI a UNI nebyly významné.

V testu běhu na 30 metrů nebyl nalezen statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 1,47$; $p = 0,242$), což ukazuje, že intervence nevedla ke zlepšení maximální rychlosti napříč souborem. Naopak hlavní efekt skupiny byl statisticky významný ($F(1,24, 21,02) = 5,52$; $p = 0,023$), což svědčí o rozdílech mezi skupinami bez ohledu na čas. Interakce čas x skupina nebyla významná ($F(1,85, 31,51) = 1,10$; $p = 0,342$).

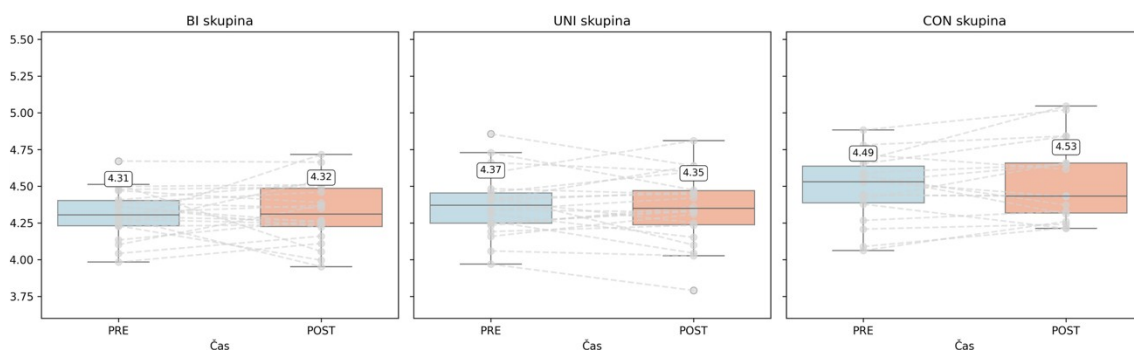
Post-hoc analýzy ukázaly rozdíl mezi skupinou BI a kontrolní skupinou na hranici významnosti ($p = 0,054$), což naznačuje možný pozitivní dopad bilaterálního tréninku na maximální rychlost. Rozdíl mezi UNI a CON nebyl statisticky významný ($p = 0,110$). Změna mezi pre a post $-0,019$ s nebyla významná ($p = 0,242$; $d = 0,45$), i když může mít věcný dopad v rychlostních situacích. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafech 10 a 11.

Graf 10: Výsledky rychlosti na 10 m (s)



raf 10.: Hvězdička (*) označuje statisticky významný rozdíl mezi pre a post na hladině $p < 0,05$

Graf 11: Výsledky rychlosti na 30 m (s)



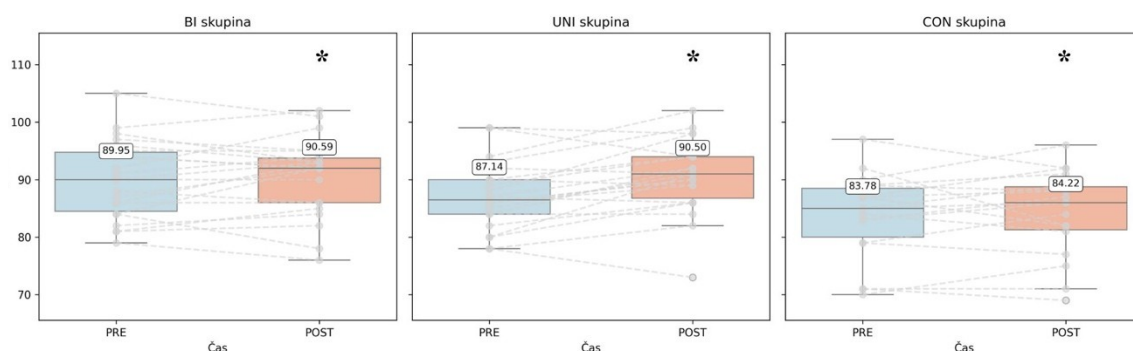
10.1.9 Hod míčem ze tří kroků

V testu hodu míčem byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 9,81$; $p = 0,006$), což značí celkové zlepšení výbušné síly horní části těla napříč celým souborem. Rozdíl mezi pre a post činil +1,63 a velikost efektu Cohenovo $d = 0,76$ odpovídá střednímu efektu.

Hlavní efekt skupiny byl rovněž statisticky významný ($F(1,13, 19,27) = 10,02$; $p = 0,004$), což znamená rozdíly ve výkonnosti mezi jednotlivými skupinami napříč časem. Interakce čas x skupina nebyla statisticky významná ($F(1,75, 29,72) = 2,61$; $p = 0,097$), i když byla blízko hranice významnosti.

Post-hoc analýza pro časový efekt potvrdila významné zlepšení mezi pre a post ($p = 0,006$). Ve srovnání mezi skupinami dosáhla skupina BI vyšších výkonů než kontrolní skupina ($p = 0,007$; $d = 1,48$) i skupina UNI ($p = 0,137$). Skupina UNI dosáhla vyššího výkonu než CON ($p = 0,037$; $d = 1,12$). Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafu 12.

Graf 12: Výsledky hodu ze tří kroků (km/h)



Graf 12.: Hvězdička (*) označuje statisticky významný rozdíl mezi pre a post na hladině $p < 0,05$

10.1.10 T-test

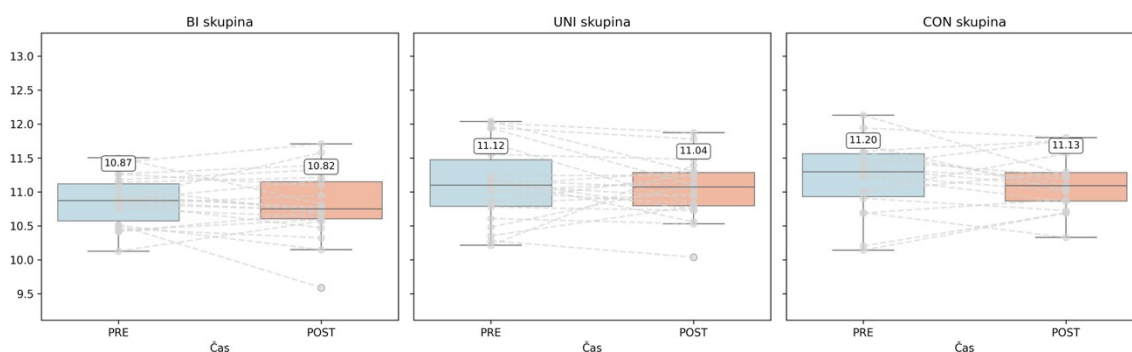
V testu agility T-TEST nebyl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 1,19$; $p = 0,291$), což znamená, že po tréninkové intervenci nedošlo k celkovému zlepšení agility napříč všemi účastníky. Také interakce čas x skupina nebyla významná ($F(1,92, 32,60) = 0,03$; $p = 0,969$), tedy všechny skupiny vykazovaly velmi podobný vývoj v čase.

Statisticky významný byl však hlavní efekt skupiny ($F(1,87, 31,85) = 4,68$; $p = 0,018$), což ukazuje na rozdíly ve výkonnosti mezi jednotlivými skupinami bez ohledu na čas.

Post-hoc analýzy odhalily, že skupina BI dosahovala významně lepších výsledků než kontrolní skupina ($p = 0,022$; $d = 1,15$). Rozdíly mezi UNI a CON ($p = 0,779$) a mezi BI a UNI ($p = 0,186$) však nebyly statisticky významné.

V kontrastech čas x skupina nebyl nalezen žádný statisticky významný rozdíl, a i když rozdíl mezi POST-BI a POST-CON byl relativně blízko významnosti ($p = 0,161$; $d = 1,00$), můžou výsledky naznačovat selektivní zlepšení agility ve skupině s bilaterálním tréninkem. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v grafu 13.

Graf 13: Výsledky T-Test (s)



10.1.11 Porovnání efektu bilaterálního–vertikálního tréninku a unilaterálního–horizontálního tréninku v agregovaném přístupu sloučených dat

Bilaterální silový trénink zaměřený na vertikální orientaci silového vektoru vedl k výrazným a konzistentním zlepšením výkonu zejména v testech, které kladou důraz na vertikální složku síly, výbušnou sílu dolních končetin a bilaterální zapojení svalových skupin.

V testu výskoku s protipohybem byl detekován významný hlavní efekt času ($F(1, 17) = 27,43$; $p < 0,001$; $d = 1,27$) i významný efekt skupiny ($F = 9,15$; $p = 0,005$), přičemž skupina BI dosáhla vyšších hodnot než jako skupina UNI ($p = 0,046$; $d = 0,88$), tak i kontrolní skupina ($p = 0,014$; $d = 1,49$). Výsledky potvrzují vysokou efektivitu bilaterálního zatížení při rozvoji vertikální výbušné síly, která je v souladu s mechanickou shodou mezi tréninkovým podnětem a cílovým výkonem.

V testu maximální izometrické síly byl zaznamenán silný časový efekt ($F = 58,41$; $p < 0,001$; $d = 1,66$), který naznačuje výrazný nárůst produkované síly po intervenci. Přestože nebyl potvrzen statisticky významný rozdíl mezi skupinami, post-hoc výsledky ukázaly, že výkonnost skupiny BI po intervenci (POST-BI) převyšovala skupinu UNI ve výchozím stavu (PRE-UNI; $p = 0,036$). Tento výsledek podtrhuje přenos bilaterálního tréninku na silový výkon v izometrických podmínkách.

Výrazný efekt bilaterálního přístupu se projevil také v testu hodů míčem, kde byl zjištěn hlavní efekt času ($F = 9,81$; $p = 0,006$; $d = 0,76$) i významný efekt skupiny ($F = 10,02$; $p = 0,004$). Skupina BI dosáhla signifikantně vyšší výkonnosti než kontrolní skupina ($p = 0,007$; $d = 1,48$), přičemž výkon také mírně převýšil skupinu UNI. Analýza interakce čas

× skupina ($p = 0,097$) byla blízko hranice významnosti a v kontrastních porovnáních (např. POST-BI vs. POST-CON: $p = 0,046$; $d = 1,44$) se potvrzuje praktická relevance efektu bilaterální intervence na výkon horní části těla.

V testu agility (T-test) sice nebyl potvrzen časový efekt, ale hlavní efekt skupiny byl statisticky významný ($F = 4,68$; $p = 0,018$). Skupina BI překonala kontrolní skupinu ($p = 0,022$; $d = 1,15$), zatímco rozdíly mezi BI a UNI nebyly signifikantní. Tento výsledek naznačuje, že bilaterální silový trénink mohl mít pozitivní dopad i na komplexní pohybové schopnosti, i když mechanicky méně specifické.

Souhrnně lze konstatovat, že bilaterální silový trénink s vertikální orientací síly vedl k nejvýraznějším ziskům v testech vertikální výbušné síly, maximální síly a výbušné síly horních končetin. Efekty byly nejen statisticky významné, ale i věcně významné ($d > 0,8$), což podporuje specifičnost přenosu tréninkové adaptace do sportovního výkonu.

Unilaterální trénink zaměřený na horizontální orientaci silového zatížení vedl k selektivnímu zlepšení výkonu především v testech, kde dominují horizontální komponenty pohybu – zejména akcelerace, hod a horizontální skok.

V testu rychlosti na 10 metrů byl zaznamenán silný časový efekt ($F = 28,57$; $p < 0,001$; $d = 1,82$), přičemž interakce ani efekt skupiny nebyly statisticky významné. Přesto post-hoc analýzy potvrdily, že skupina UNI dosáhla signifikantně vyšších výkonů než kontrolní skupina ($p = 0,013$). Rozdíl mezi UNI a BI nebyl statisticky významný, avšak výkon skupiny UNI odpovídal předpokládanému přínosu unilaterálního zatížení v horizontálně orientovaném pohybu.

V testu hodu míčem skupina UNI rovněž významně překonala kontrolní skupinu ($p = 0,037$; $d = 1,12$), i když nedosáhla výkonu skupiny BI. Kontrastní porovnání mezi PRE-UNI a POST-UNI potvrdilo vnitroskupinové zlepšení ($p = 0,040$; $d = 1,27$), což odráží efektivitu tréninkové intervence i u unilaterálního přístupu.

V testu skoku do dálky z místa z obou nohou nebyly potvrzeny statisticky významné rozdíly mezi skupinami, ačkoli časový efekt byl vysoce signifikantní ($p < 0,001$; $d = 1,01$). Výsledky

nenaznačují jednoznačnou výhodu skupiny UNI oproti BI, ačkoli by to bylo biomechanicky očekávatelné. Výkonnostní zlepšení tedy pravděpodobně odráží obecný tréninkový efekt bez specifického přenosu.

Výsledky testu skoku do dálky z místa jednou nohou poskytují smíšené informace. Zatímco pravá dolní končetina vykazala efekt skupiny ($p = 0,027$), interakce nebyla signifikantní. Skupina UNI sice dosáhla zlepšení, ale ve srovnání se skupinou BI nebyly rozdíly významné. Z hlediska biomechaniky lze očekávat, že unilaterální zatížení bude přínosnější pro unilaterální výkonové testy, avšak výsledky tuto hypotézu potvrzují pouze částečně.

Závěrem lze říct, že unilaterální silový trénink orientovaný do horizontálního směru vedl ke zlepšení výkonu v akcelerační fázi běhu a výbušných pohybech s horizontálním vektorem působící síly, což bylo potvrzeno statisticky. Přesto však účinek nebyl konzistentně vyšší než u bilaterálního tréninku, a přínos pro horizontální skokové testy zůstal omezený. Tato zjištění naznačují, že efektivita unilaterálního tréninku může být silně ovlivněna technickou náročností pohybu, což může ovlivňovat stabilitu, a jeho specifickou strukturou.

Všechny vybrané testy v této studii měly především výkonový charakter, zaměřený na hodnocení rychlosti, síly a výbušná síla. Lze však spekulovat, že pokud by byly použity testy více preventivního charakteru, například zaměřené na stabilitu či kontrolu pohybu, mohly by výsledky ukázat odlišný obraz přínosu unilaterálního tréninku. Ačkoliv cílem intervence bylo primárně zvýšení sportovního výkonu, nelze opomíjet potenciální roli unilaterálních a horizontálně orientovaných cvičení v oblasti prevence zranění a rozvoje pohybové kontroly, což je oblast, která může být pro dlouhodobou výkonnost hráče paradoxně klíčová. Maximální výkon totiž může podávat pouze zdravý a funkčně připravený sportovec.

10.2 Faktoriální časově specifická analýza tréninkových efektů

Pro detailnější zhodnocení adaptačních změn specifických pro jednotlivé typy intervence byla aplikována plně faktoriální analýza ANOVA pro opakovaná měření. Tento druhý analytický přístup ponechal veškeré interakce mezi faktory ve své plné struktuře a umožnil

samostatně vyhodnotit vliv času, typu tréninku (bilaterální, unilaterální, kontrolní) a jejich interakcí na jednotlivé výkonové a tělesné proměnné.

Cílem této části bylo zhodnotit změny ve výkonnosti v závislosti na čase (pre a post), typu tréninku (bilaterální – BI, unilaterální – UNI, kontrolní – CON) a zařazení do výzkumné skupiny (skupina 1 = BI->UNI, skupina 2 = UNI->BI, skupina 3 = CON->CON). Výsledky byly vyhodnoceny pomocí opakovaně měřené analýzy rozptylu (Repeated Measures ANOVA), přičemž byla uplatněna Greenhouse-Geisserova korekce tam, kde byly porušeny sférické předpoklady.

Napříč celým datovým souborem byly zaznamenány významné hlavní efekty času u klíčových ukazatelů výkonnosti, jako jsou výskok s protipohybem, izometrický tah, rychlost hodu, skoky do dálky s obou, nebo jedné nohy, Rychlost na 10 m a ukazatele tělesného složení (ICW, ECW, tělesná výška, hmotnost). Tyto výsledky potvrzují konzistentní zlepšení v čase, která pravděpodobně reflektují kombinaci tréninkových adaptací.

Hlavní efekty proměnné trénink či skupina byly statisticky významné u vybraných proměnných, konkrétně u hodu, skoků do dálky a izokinetické síly 180°/s. Tyto rozdíly poukazují na určitý vliv specifického tréninku na dané ukazatele výkonnosti. Nicméně statisticky významné interakční efekty – zejména interakce čas x trénink nebo interakce třístranná – byly spíše ojedinělé, což naznačuje, že časový průběh zlepšení byl do značné míry podobný napříč všemi tréninkovými skupinami.

Ačkoli tento model nabídl podrobnější a kontextově citlivější pohled na efektivitu intervencí, efektové velikosti byly často pouze mírné či střední. To může být způsobeno jednak limitovanou specifitou tréninkové odpovědi na jednotlivé modalit a jednak sníženou statistickou silou analýzy vyplývající z rozdělení dat do menších podskupin. Přesto tato metoda poskytla důležité informace o jemnějších rozdílech v adaptačních trajektoriích, které nemusí být patrné z agregovaných modelů. Všechny výsledky můžete pozorovat v tabulce 6.

Tabulka 6.: Celkové výsledky faktoriální časově specifické analýzy

Test	Efekt času	Efekt tréninku	Efekt skupiny	Trénink x Skupina	Třístranná interakce	Post-hoc významné rozdíly	Cohenovo d
Skok do dálky z místa z obou nohou	F(1,8)=15,138, p=0,005, $\eta^2=0,027$	n.s.	n.s.	F=11,777, p=0,007, $\eta^2=0,127$	F=4,157, p=0,037, $\eta^2=0,016$	PRE < POST (p=0,005)	d=0,85
Skok do dálky z místa z levé nohy	F(1,8)=2,553, p=0,149, $\eta^2=0,014$	F=5,840, p=0,038, $\eta^2=0,175$	F=12,503, p=0,008, $\eta^2=0,121$	F=6,209, p=0,022, $\eta^2=0,055$	F=11,320, p=0,002, $\eta^2=0,033$	BI1 > UNI2 (p=0,043)	d=0,77
Skok do dálky z místa z pravé nohy	F(1,8)=19,370, p=0,002, $\eta^2=0,030$	F=4,601, p=0,056, $\eta^2=0,131$	F=3,119, p=0,115, $\eta^2=0,055$	F=10,383, p=0,002, $\eta^2=0,082$	n.s.	UNI1 > UNI2 (p=0,034), POST1 > POST2 (p=0,013)	d=0,68, d=0,75
Výskok s protipohybem	F(1,8)=56,881, p<0,001, $\eta^2=0,077$	F=6,580, p=0,027, $\eta^2=0,233$	F=6,088, p=0,039, $\eta^2=0,092$	F=9,155, p=0,008, $\eta^2=0,053$	n.s.	PRE < POST (p<0,001)	d=1,12
Izometrický tah od poloviny stehén	F(1,8)=29,948, p<0,001, $\eta^2=0,073$	F=0,741, p=0,418, $\eta^2=0,053$	F=2,642, p=0,143, $\eta^2=0,048$	F=23,420, p<0,001, $\eta^2=0,206$	F=18,096, p<0,001, $\eta^2=0,031$	PRE < POST (p<0,001), UNI1 > UNI2 (p=0,016), POST1 > POST2 (p=0,001)	d=1,04, d=0,72, d=0,93
Izokinetika při rychlosti 60	F(1,8)=0,177, p=0,685, $\eta^2=0,001$	F=1,257, p=0,310, $\eta^2=0,059$	F=4,403, p=0,054, $\eta^2=0,065$	n.s.	n.s.	-	-
Izokinetika při rychlosti 180	F(1,8)=0,664, p=0,439, $\eta^2=0,003$	F=4,204, p=0,062, $\eta^2=0,112$	F=5,322, p=0,050, $\eta^2=0,123$	F=3,390, p=0,068, $\eta^2=0,097$	p=0,051, $\eta^2=0,019$	-	-
Rychlost 10 m	F(1,8)=27,920, p<0,001, $\eta^2=0,064$	F=3,040, p=0,107, $\eta^2=0,073$	F=0,010, p=0,909, $\eta^2=0,000$	n.s.	n.s.	PRE < POST (p<0,001)	d=0,88
Rychlost 30 m	F(1,8)=1,280, p=0,291, $\eta^2=0,003$	F=4,204, p=0,062, $\eta^2=0,112$	F=0,613, p=0,456, $\eta^2=0,007$	F=3,390, p=0,068, $\eta^2=0,097$	p=0,051, $\eta^2=0,019$	-	-
Hod ze tří kroků	F(1,8)=17,308, p=0,003, $\eta^2=0,023$	F=5,976, p=0,039, $\eta^2=0,212$	F=25,886, p<0,001, $\eta^2=0,244$	F=14,492, p<0,001, $\eta^2=0,086$	n.s.	PRE < POST (p=0,003), BI1 > UNI2 (p=0,007), POST1 > UNI2	d=0,91, d=0,79, d=0,87

						(p=0,004)	
T-test	F(1,8)=2,051, p=0,190, $\eta^2=0,002$	F=5,224, p=0,022, $\eta^2=0,128$	F=3,162, p=0,113, $\eta^2=0,045$	n.s.	p=0,066, $\eta^2=0,019$	CON1 > POST1 (p=0,017)	d=0,61
Výška	F(1,8)=1,316, p=0,284, $\eta^2=0,001$	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-	-
Hmotnost	F(1,8)=3,364, p=0,104, $\eta^2=0,001$	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-	-
ECW	F(1,8)=2,275, p=0,172, $\eta^2=0,001$	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-	-
ICW	F(1,8)=44,588, p<0,001, $\eta^2=0,005$	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	PRE > POST (p<0,001)	d=0,66

Tabulka 6.: n.s. – výsledek není signifikantní

10.2.1 Skok do dálky z místa z obou nohou

V testu byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 8) = 15,138$, $p = 0,005$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,027$), což znamená, že výkon v testu se po intervenci celkově zlepšil napříč všemi skupinami. Průměrná vzdálenost výskoku se zvýšila z 226 cm v pre-testu na 233 cm v post-testu. Velikost efektu odpovídá malému až střednímu účinku, tedy čas měl mírný, ale významný vliv na výkon.

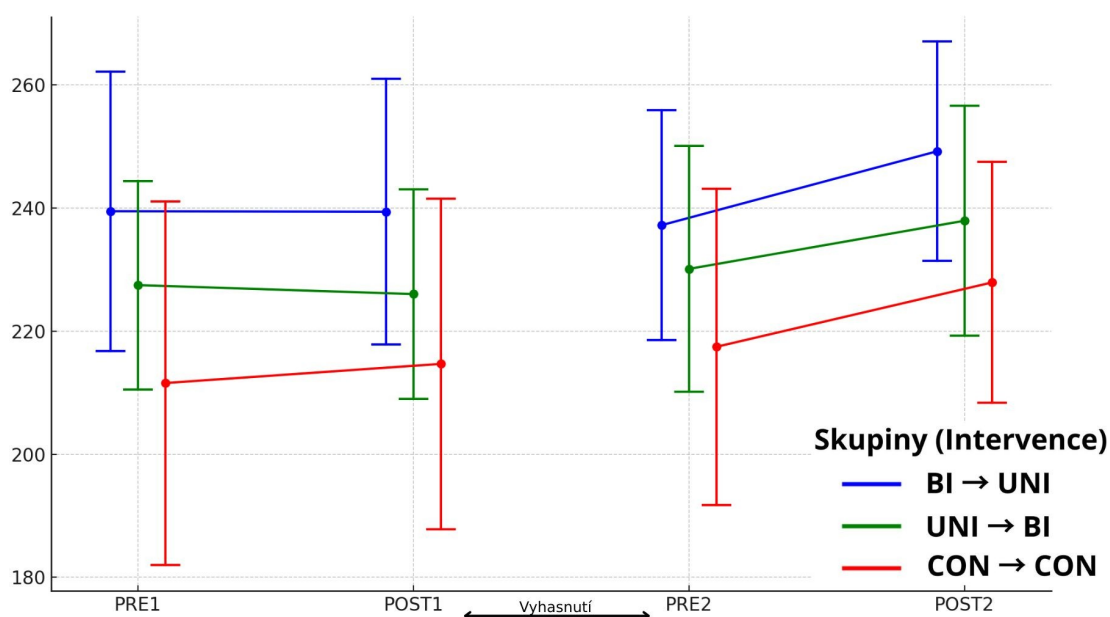
Dále se ukázala významná interakce mezi tréninkem a skupinou ($F(1,12; 8,94) = 11,777$, $p = 0,007$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,127$). Tento výsledek naznačuje, že efekt tréninku se mezi jednotlivými skupinami výrazně lišil. Velikost efektu zde odpovídá velkému účinku, což značí, že rozdíly mezi skupinami hrály důležitou roli ve výsledném efektu tréninkových intervencí.

Signifikantní byla také třístranná interakce mezi tréninkem, časem a skupinou ($F(1,95; 15,59) = 4,157$, $p = 0,037$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,016$). Tento výsledek ukazuje, že změny výkonu v čase byly ovlivněny nejen typem tréninku, ale i zařazením do konkrétní

skupiny. Velikost efektu odpovídá malému účinku, což značí, že se jednalo o slabší, i když statisticky významný vztah.

Ostatní hlavní efekty a interakce (trénink x čas, čas x skupina) nedosáhly statistické významnosti. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v Grafu 14.

Graf 14.: Výsledky pre-post skoku do dálky z místa z obou nohou (cm)



10.2.2 Skok do dálky z místa z levé nohy

V testu skoku do dálky z místa z levou nohy byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt tréninku ($F(1,07; 8,59) = 5,840$, $p = 0,038$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,175$), což ukazuje, že typ tréninkové intervence měl významný vliv na výkon. Velikost efektu odpovídá velkému účinku, tedy typ tréninku sehrál podstatnou roli v ovlivnění výkonnosti.

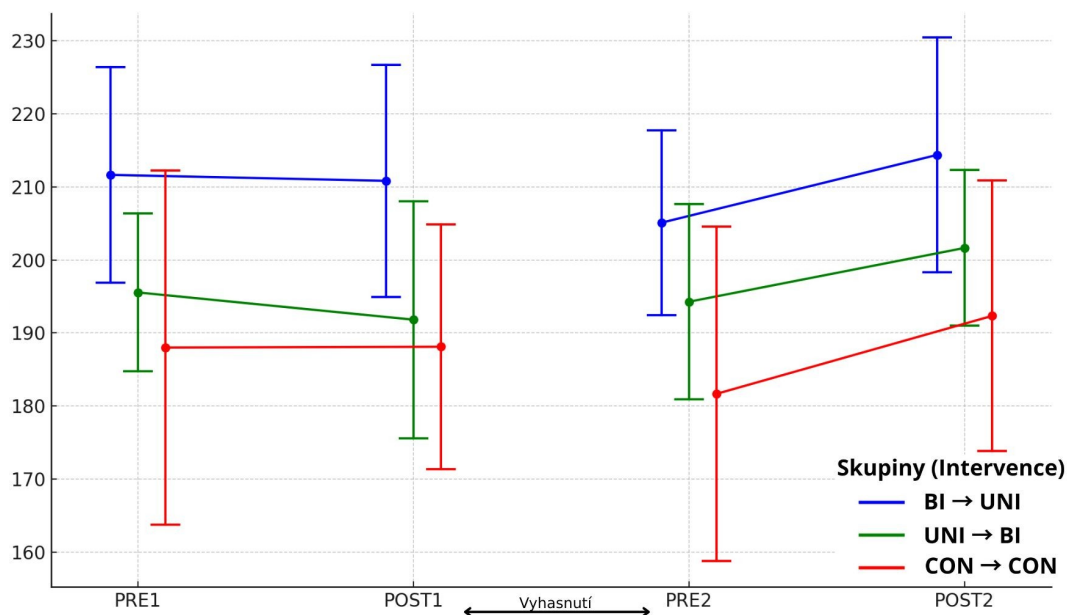
Dále se prokázal statisticky významný hlavní efekt skupiny ($F(1, 8) = 12,503$, $p = 0,008$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,121$), což značí, že výkon se významně lišil mezi výzkumnou skupinou 1 a skupinou 2. Velikost efektu odpovídá velkému účinku.

Významná byla také interakce mezi tréninkem a skupinou ($F(1,40; 11,17) = 6,209, p = 0,022, \eta^2_{\text{sub}G} = 0,055$). Tato hodnota představuje střední účinek, což naznačuje, že efekt tréninku byl ovlivněn zařazením do výzkumné skupiny.

Nejsilnějším efektem v rámci této analýzy byla třístranná interakce mezi tréninkem, časem a skupinou ($F(1,75; 13,97) = 11,320, p = 0,002, \eta^2_{\text{sub}G} = 0,033$), což značí, že vývoj výkonu v čase se významně lišil v závislosti na kombinaci skupiny a druhu tréninku. Velikost efektu odpovídá malému až střednímu účinku.

Naopak hlavní efekt času nebyl statisticky významný ($F(1, 8) = 2,553, p = 0,149, \eta^2_{\text{sub}G} = 0,014$), a také interakce trénink x čas ($p = 0,732$) ani čas x skupina ($p = 0,527$) signifikance nedosáhly. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v Grafu 15.

Graf 15.: Výsledky pre-post skoku do dálky z místa z levé nohy (cm)



10.2.3 Skok do dálky z místa z pravé nohy

V testu skoku do dálky z místa z pravé nohy byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 8) = 19,370$, $p = 0,002$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,030$), což znamená, že výkon v testu se po intervenci zlepšil napříč všemi skupinami. Průměrná vzdálenost výskoku se zvýšila z 193 cm v pre-testu na 198 cm v post-testu. Velikost efektu odpovídá malému až střednímu účinku.

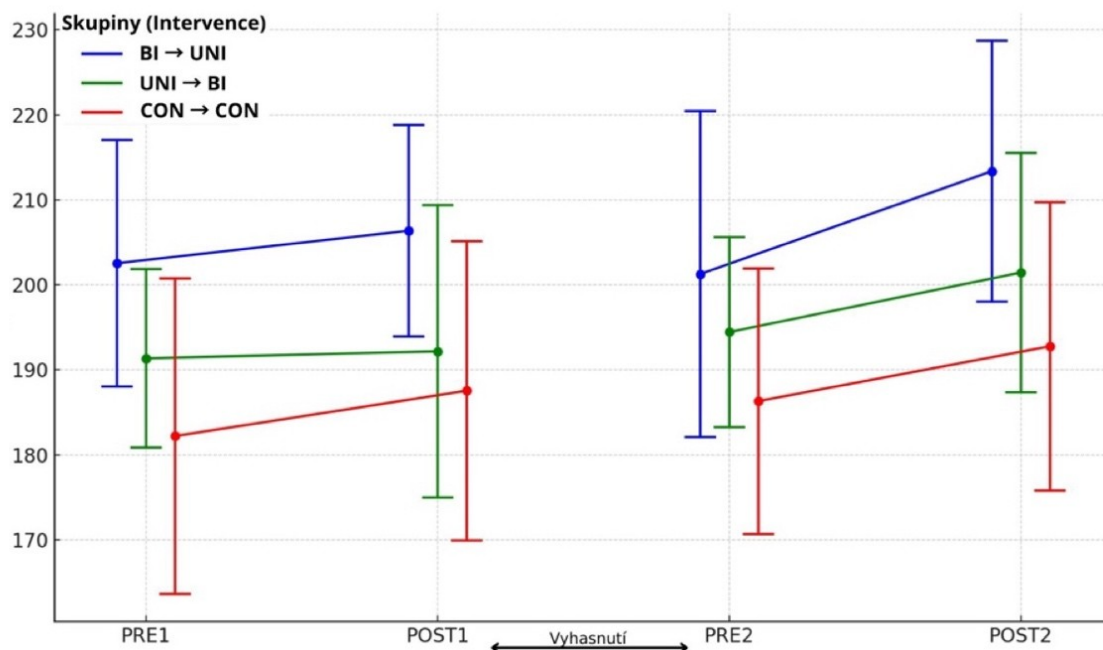
Dále byla zjištěna významná interakce mezi tréninkem a skupinou ($F(1,76; 14,08) = 10,383$, $p = 0,002$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,082$), což značí, že efekt tréninkové intervence se výrazně lišil podle zařazení do výzkumné skupiny. Velikost efektu odpovídá střednímu až velkému účinku.

Hlavní efekt tréninku samotného se pohyboval na hranici statistické významnosti ($F(1,16; 9,28) = 4,601$, $p = 0,056$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,131$), což ukazuje na možný velký účinek, i když nedosáhl konvenční hladiny signifikance ($p < 0,05$).

Naopak hlavní efekt skupiny ($F(1, 8) = 3,119$, $p = 0,115$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,055$), interakce tréninku a času ($p = 0,948$), interakce času a skupiny ($p = 0,558$) ani třístranná

interakce trénink x čas x skupina ($p = 0,298$) nebyly statisticky významné. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v Grafu 16.

Graf 16.: Výsledky pre-post skok do dálky z místa z pravé nohy (cm)



10.2.4 Výskok s protipohybem

V testu výskoku s protipohybem byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 8) = 56,881$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,077$), což značí výrazné zlepšení výkonu po intervenci napříč všemi skupinami. Průměrná výška výskoku se zvýšila z 39,8 cm v pre-testu na 42,9 cm v post-testu. Velikost efektu odpovídá střednímu účinku.

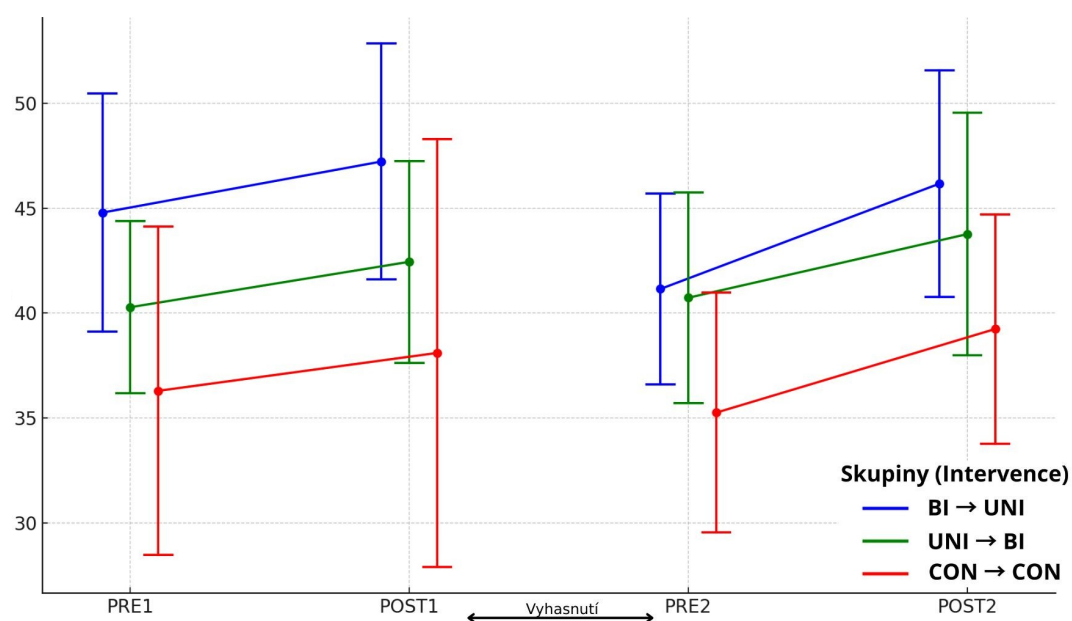
Dále byl zjištěn statisticky významný hlavní efekt tréninku ($F(1,15; 9,17) = 6,580$, $p = 0,027$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,233$), což znamená, že typ tréninkové intervence měl významný vliv na výšku výskoku. Velikost efektu zde odpovídá velkému účinku. Nejvyšších výkonů dosáhla skupina BI ($h = 44,2$ cm), následovaná UNI ($h = 42,7$ cm), zatímco kontrolní skupina CON dosáhla nejnižší hodnoty ($h = 37,2$ cm).

Byl také zaznamenán statisticky významný hlavní efekt skupiny ($F(1, 8) = 6,088$, $p = 0,039$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,092$), tedy výkon se významně lišil mezi výzkumnou skupinou 1 (BI-UNI) a skupinou 2 (UNI-BI). Tento efekt lze označit jako velký.

Kromě toho se prokázala významná interakce mezi tréninkem a skupinou ($F(1,35; 10,79) = 9,155$, $p = 0,008$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,053$), což naznačuje, že účinek tréninku byl odlišný podle zařazení do výzkumné skupiny. Velikost efektu odpovídá střednímu účinku.

Naopak interakce mezi tréninkem a časem ($p = 0,738$), časem a skupinou ($p = 0,592$), ani třístranná interakce trénink x čas x skupina ($p = 0,170$) nebyly statisticky významné. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v Grafu 17.

Graf 17.: Výsledky pre-post výskoku s protipohybem (cm)



10.2.5 Tělesné složení a tělesná výška (Výška, Váha ECW, ICW)

Tělesná výška

U tělesné výšky nebyly zjištěny žádné statisticky významné rozdíly v čase ($F(1, 8) = 1,316$, $p = 0,284$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,001$), ani vlivem tréninku ($p = 0,717$) či skupiny ($p = 0,739$). Průměrná tělesná výška se pohybovala kolem 180,3 cm v pre-testu a 180,1 cm v post-testu. Všechny efekty měly zanedbatelnou velikost účinku.

Tělesná hmotnost

U tělesné hmotnosti nebyl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 8) = 3,364$, $p = 0,104$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,001$). Průměrná hmotnost se mírně zvýšila z 72,0 kg v pre-testu na 72,5 kg v post-testu, přičemž velikost účinku zůstala zanedbatelná. Ani ostatní efekty (trénink, skupina, interakce) nedosáhly statistické významnosti.

Extracelulární voda

Analýza obsahu extracelulární vody neprokázala žádný statisticky významný efekt v čase ($F(1, 8) = 2,275$, $p = 0,172$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,001$), tréninku ($p = 0,181$) ani skupiny ($p = 0,286$). Hodnota ECW mírně poklesla z 17,1 L na 16,6 L. Velikosti účinků byly zanedbatelné až malé, bez dosažení hladiny signifikance.

Intracelulární voda

V ukazateli ICW byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 8) = 44,588$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,005$), což ukazuje na pokles hodnot mezi pre-testem (21,4 L) a post-testem (20,9 L). Velikost účinku byla malá, avšak vzhledem k nízké variabilitě dat statisticky průkazná. Ostatní efekty (trénink, skupina, interakce) nedosáhly signifikance.

10.2.6 Izometrický tah od poloviny stehen

V testu maximální izometrické síly byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 8) = 29,948$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,073$), což ukazuje na zřetelné zlepšení výkonu po intervenci napříč všemi skupinami. Průměrná síla vzrostla z 1890 N v pre-testu na 2058 N v post-testu. Velikost účinku odpovídá střednímu účinku.

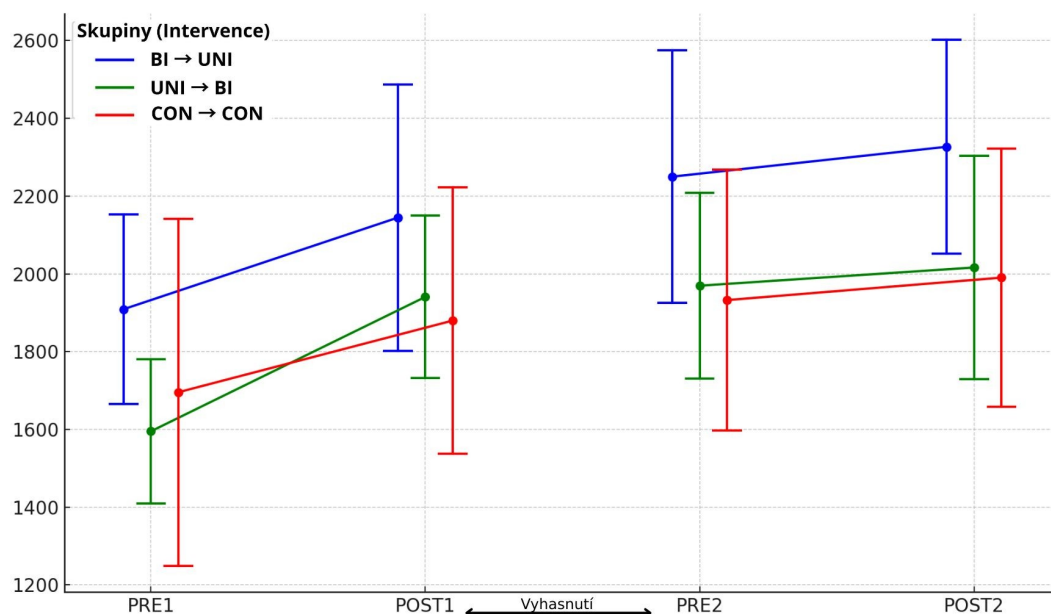
Dále byla zjištěna statisticky významná interakce mezi tréninkem a skupinou ($F(1,47; 11,76) = 23,420$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,206$), což znamená, že efekt tréninkové intervence se výrazně lišil mezi skupinami. Tento efekt lze označit za velký.

Signifikantní byla také třístranná interakce mezi tréninkem, časem a skupinou ($F(1,52; 12,17) = 18,096$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,031$). Tento efekt ukazuje, že změna výkonu v čase závisela na kombinaci tréninkového režimu a zařazení do výzkumné skupiny. Velikost účinku byla malá až střední.

Naopak hlavní efekt tréninku ($F(1,03; 8,28) = 0,741$, $p = 0,418$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,053$) a hlavní efekt skupiny ($F(1,00; 8,00) = 2,642$, $p = 0,143$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,048$) nedosáhly statistické významnosti, i když jejich velikosti účinku byly střední, a mohly by naznačovat určité trendy. Interakce trénink x čas ($p = 0,175$), čas x skupina ($p = 0,872$) a ostatní dvou faktorové interakce nebyly významné.

Post-hoc analýza potvrdila, že výkonnost se mezi pre a post výrazně zlepšila ($p < 0,001$). Ostatní porovnání mezi tréninkovými skupinami nebyla po Bonferroniho korekci signifikantní, s výjimkou některých kontrastů ve třech konkrétních kombinacích tréninku, času a skupiny (např. UNI 1 vs. UNI 2: $p = 0,034$; UN I POST 1 vs. 2: $p = 0,013$). Výsledky pre-post můžeme pozorovat v Grafu 18.

Graf 18.: Výsledky pre-post izometrického tahu od poloviny stehen (N)



10.2.7 Izokinetická síla ramene při rychlostech 60°/s a 180°/s

U izokinetické síly ramene při úhlové rychlosti 60°/s nebyly zjištěny žádné statisticky významné hlavní efekty ani interakce. Hlavní efekt času byl nevýznamný ($F(1,00; 8,00) = 0,177$, $p = 0,685$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,001$), což znamená, že nedošlo ke změnám mezi pre-testem a post-testem. Podobně ani efekt tréninku ($p = 0,310$), skupiny ($p = 0,054$), nebo jakákoli interakce nedosáhla statistické významnosti.

Velikosti efektu byly obecně velmi nízké – všechny η^2_{G} hodnoty se pohybovaly mezi 0,001 a 0,065, tedy v rozmezí zanedbatelného až malého účinku. Průměrné hodnoty síly se pohybovaly v rozmezí 46–51 Nm bez výraznějších rozdílů mezi skupinami ani mezi pre a post testy.

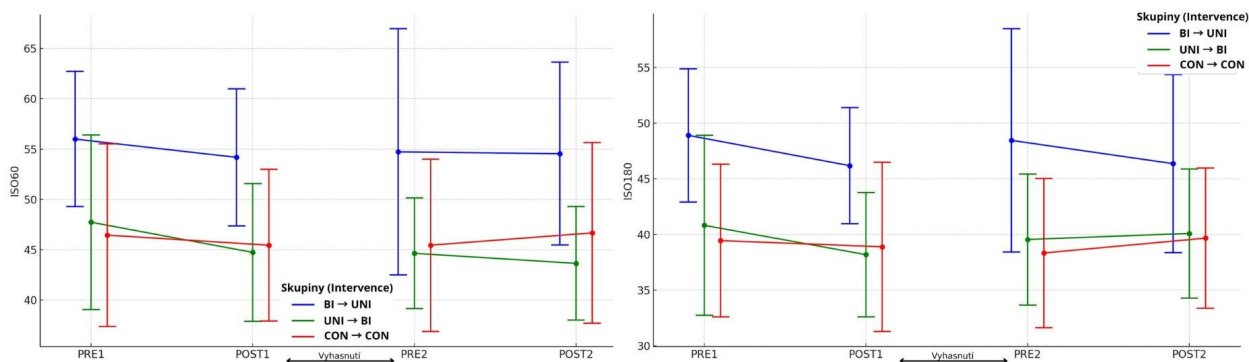
Izokinetická síla při rychlosti 180°/s Také u vyšší úhlové rychlosti (180°/s) nebyly zaznamenány žádné statisticky významné změny v čase ($F(1,00; 8,00) = 0,664$, $p = 0,439$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,003$) ani mezi tréninkovými skupinami. Hlavní efekt skupiny byl těsně pod hladinou signifikance ($F(1,00; 8,00) = 5,322$, $p = 0,050$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,123$), což

by mohlo poukazovat na střední účinek, nicméně bez přímé změny výkonu vlivem intervence.

Další efekty včetně trénink x čas ($p = 0,484$) a trénink x skupina ($p = 0,082$) rovněž nebyly statisticky významné, a velikosti účinků zůstaly na úrovni malého až středního efektu ($\eta^2_{\text{sub}G} = 0,004$ až $0,097$). Průměrné hodnoty síly se pohybovaly přibližně mezi 39–44 Nm.

Oba testy izokinetické síly neprokázaly žádné významné změny v reakci na tréninkovou intervenci. Výsledky tak naznačují, že izokinetická síla při $60^\circ/\text{s}$ ani $180^\circ/\text{s}$ nebyla ovlivněna typem ani dobou trvání tréninku. Efekty byly převážně zanedbatelné až malé, s výjimkou jednoho středního účinku u hlavního efektu skupiny při $180^\circ/\text{s}$, který však nebyl provázen změnou v čase. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v Grafu 19.

Graf 19.: Výsledky pre-post izokinetické síly při rychlostech $60^\circ/\text{s}$ (ISO60) a $180^\circ/\text{s}$ (ISO180) (Nm)



10.2.8 Rychlost na 10 m a 30 m

V testu rychlosti na 10 m byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1,00; 8,00) = 27,92$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{sub}G} = 0,064$), což indikuje zlepšení výkonu napříč skupinami po tréninkové intervenci. Změna odpovídá malému účinku.

Naopak hlavní efekt tréninku ($F(1,25; 10,01) = 3,04, p = 0,107, \eta^2_{\text{G}} = 0,073$) a hlavní efekt skupiny ($F(1,00; 8,00) = 0,01, p = 0,909, \eta^2_{\text{G}} = 0,000$) nebyly statisticky významné. Efekt tréninku však dosahoval střední velikosti účinku.

Všechny interakce nebyly statisticky významné, včetně troj směrové, a jejich velikosti účinků byly zanedbatelné až malé ($\eta^2_{\text{G}} < 0,03$).

Post-hoc testy ukázaly významné zlepšení mezi pre a post ($p < 0,001$), ale žádné další kontrasty mezi skupinami nebo kombinacemi tréninku nebyly po Bonferroniho korekci signifikantní.

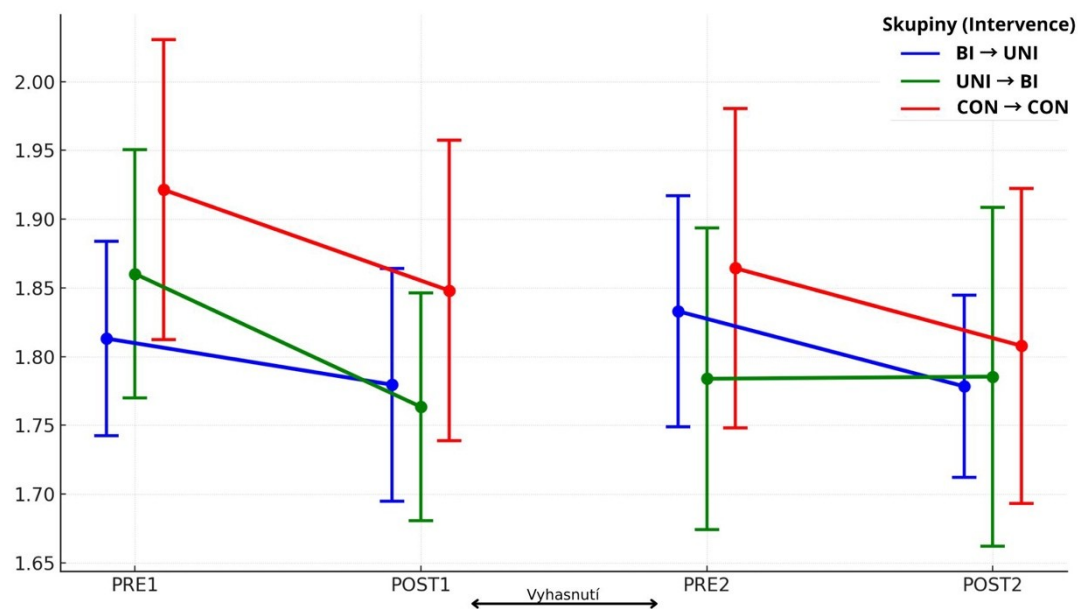
V testu rychlosti na 30 metrů nebyl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1,00; 8,00) = 1,28, p = 0,291, \eta^2_{\text{G}} = 0,003$), a tedy nebylo pozorováno zlepšení napříč skupinami.

Také hlavní efekt tréninku ($F(1,24; 9,89) = 4,20, p = 0,062, \eta^2_{\text{G}} = 0,112$) a interakce trénink x skupina ($F(1,76; 14,07) = 3,39, p = 0,068, \eta^2_{\text{G}} = 0,028$) byly těsně pod hranicí významnosti, přičemž efekt tréninku byl střední až velký. Tyto výsledky mohou naznačovat možné trendy, které by mohly být významné ve větším vzorku.

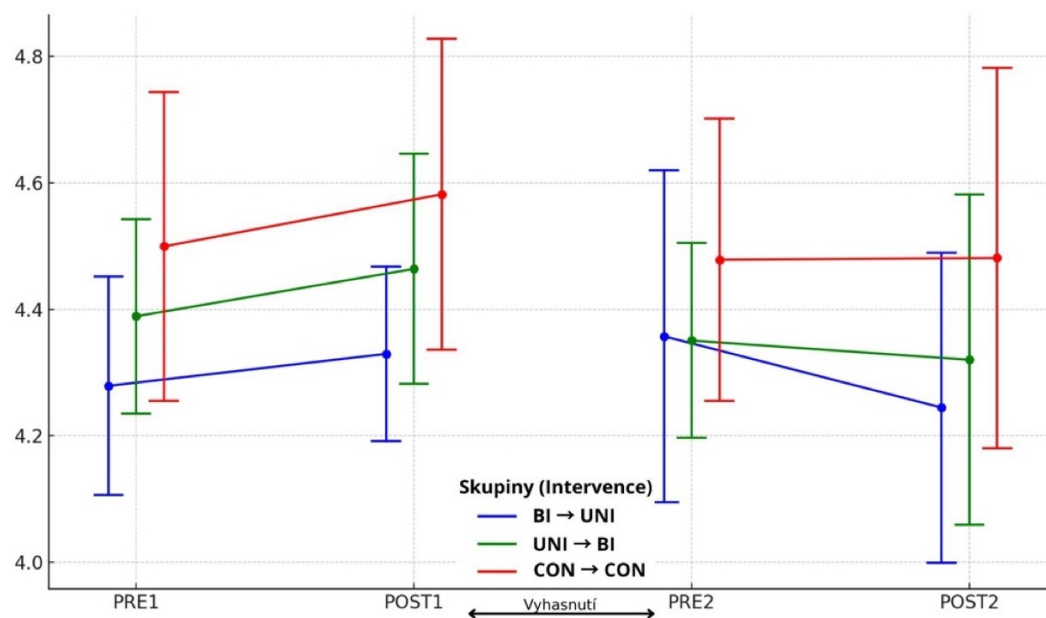
Ostatní interakce (např. trénink x čas x skupina: $p = 0,051, \eta^2_{\text{G}} = 0,019$) nebyly významné, přestože třístranná interakce měla malý účinek, a může ukazovat na individuální rozdíly v odezvě na trénink.

Post-hoc testy opět neodhalily žádné signifikantní rozdíly mezi konkrétními skupinami, či kombinacemi pre-post. Průměrné časy se pohybovaly okolo 4,34–4,51 s napříč skupinami, bez jasných trendů zlepšení. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v Grafu 20 a 21.

Graf 20.: Výsledky pre-post rychlosti na 10 m (s)



Graf 21.: Výsledky pre-post rychlosti na 30 m (s)



10.2.9 Hod míčem ze tří kroků

V testu hodu míčem byl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1,00; 8,00) = 17,308$, $p = 0,003$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,023$), což naznačuje, že výkon se po tréninkové intervenci zlepšil napříč všemi skupinami. Velikost účinku odpovídá malému účinku.

Dále byl zjištěn významný hlavní efekt tréninku ($F(1,03; 8,26) = 5,976$, $p = 0,039$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,212$), což znamená, že typ tréninkové intervence měl vliv na celkový výkon v testu. Velikost účinku odpovídá velkému efektu. Skupina BI dosáhla nejvyšších průměrných hodnot ($v = 90,4$ km/h), následovaná skupinou UNI ($v = 89,4$ km/h) a kontrolní skupinou CON ($v = 84,0$ km/h).

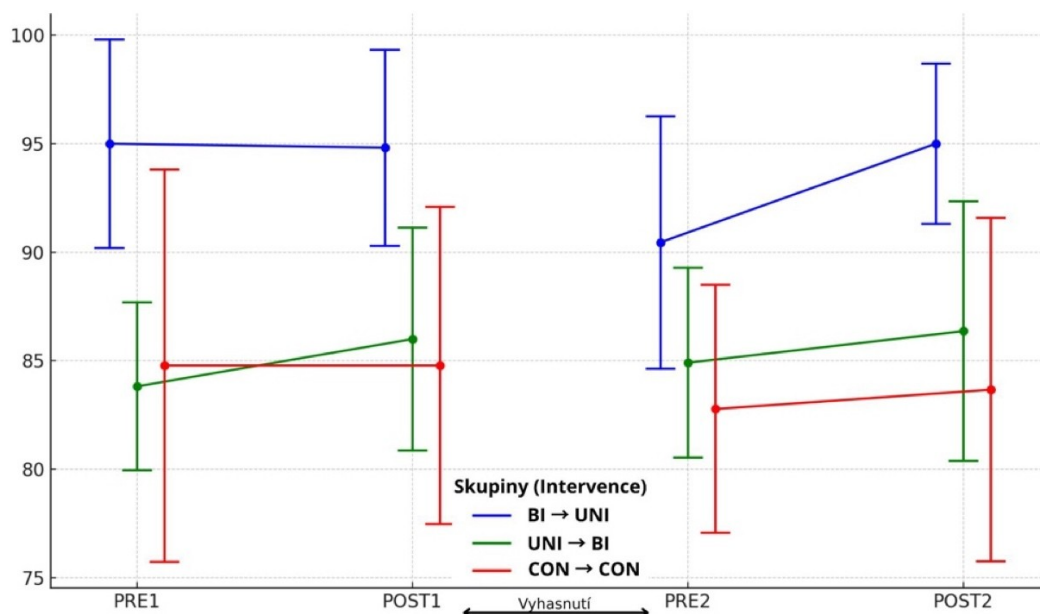
Byl také zaznamenán statisticky významný hlavní efekt skupiny ($F(1,00; 8,00) = 25,886$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,244$), což značí významné rozdíly ve výkonnosti mezi skupinami bez ohledu na trénink nebo čas. Tento efekt lze interpretovat jako velký.

Významná byla i interakce mezi tréninkem a skupinou ($F(1,69; 13,54) = 14,492$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,086$), tedy efekt tréninku závisel na tom, do které skupiny byl jedinec zařazen. Tento účinek byl střední až velký.

Naopak interakce čas x trénink ($p = 0,153$), čas x skupina ($p = 0,664$) a třístranná interakce trénink x čas x skupina ($p = 0,299$) nebyly statisticky významné a jejich efekty byly malé až zanedbatelné ($\eta^2_{\text{G}} < 0,02$).

Post-hoc analýza potvrdila významné zlepšení mezi pre a post ($p = 0,003$), a také významné rozdíly mezi výzkumnými skupinami 1 a 2 ($p < 0,001$). Některé rozdíly mezi kombinacemi skupina x trénink byly statisticky významné po Bonferroniho korekci, např. BI1 vs. UNI2 ($p = 0,007$), BI1 vs. CON2 ($p = 0,036$), a POST1 vs. UNI2 ($p = 0,004$). Výsledky pre-post můžeme pozorovat v Grafu 22.

Graf 22.: Výsledky pre-post hodů ze tří kroků (km/h)



10.2.10 T-test

V testu změny směru nebyl zaznamenán statisticky významný hlavní efekt času ($F(1,00; 8,00) = 2,051$, $p = 0,190$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,002$), což znamená, že výkon v testu se mezi pre-testem a post-testem významně nezměnil. Velikost účinku byla zanedbatelná.

Byl však zjištěn statisticky významný hlavní efekt tréninku ($F(1,81; 14,48) = 5,224$, $p = 0,022$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,128$), což znamená, že rozdíly ve výkonu mezi skupinami byly ovlivněny typem tréninku. Velikost účinku lze interpretovat jako velkou. Nejlepších výsledků dosahovala skupina BI ($t = 10,8$ s), následována UNI ($t = 11,0$ s) a nejpomalejší byla kontrolní skupina CON ($t = 11,2$ s).

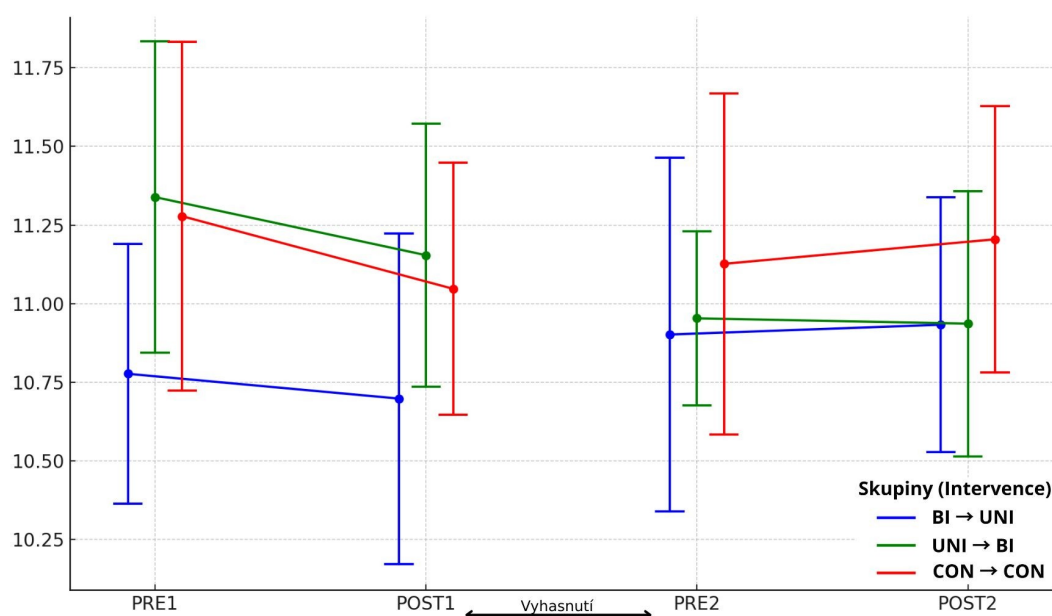
Naopak hlavní efekt skupiny ($F(1,00; 8,00) = 3,162$, $p = 0,113$, $\eta^2_{\text{G}} = 0,045$) nedosáhl hladiny statistické významnosti, přestože efekt měl malou až střední velikost.

Všechny interakce – trénink x čas ($p = 0,869$), trénink x skupina ($p = 0,270$), čas x skupina ($p = 0,653$) a trénink x čas x skupina ($p = 0,066$) – nebyly statisticky významné. Třístranná

interakce se však pohybovala těsně pod hladinou významnosti ($p = 0,066$), a její efekt byl malý ($\eta^2_{\text{G}} = 0,019$), což může naznačovat určitý trend.

Post-hoc analýza nepotvrdila žádné statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými kombinacemi skupina x čas po Bonferroniho korekci. Nejvýraznější rozdíl byl zaznamenán mezi skupinami CON1 a POST1 ($p = 0,017$), ale ostatní kontrasty významnosti nedosáhly. Výsledky pre-post můžeme pozorovat v Grafu 23.

Graf 23.: Výsledky pre-post T-Test (s)



10.2.11 Porovnání efektu bilaterálního – vertikálního tréninku a unilaterálního horizontálního tréninku ve faktoriálním přístupu časově specifické analýzy dat

Bilaterální trénink zaměřený na vertikální orientaci vektorů silového zatížení (BI) vedl k signifikantním zlepšením ve vertikálně-výbušně zaměřených motorických testech. Nejvýraznější změny byly pozorovány u vertikálního výskoku s protipohybem, kde byl identifikován statisticky významný hlavní efekt času ($F(1, 8) = 56,881$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,077$) a tréninkové modality ($F = 6,580$, $p = 0,027$, $\eta^2 = 0,233$). Skupina BI dosáhla po intervenci

nejvyšší průměrné výšky výskoku ($h = 44,2$ cm), což potvrzuje efektivitu tohoto typu silového zatížení pro rozvoj vertikální výbušná síla.

Podobně i v testu izometrické síly došlo k výraznému zlepšení výkonnosti v čase ($F = 29,948$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,073$), přičemž významná interakce trénink x skupina ($F = 23,420$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,206$) ukázala diferencovaný efekt napříč tréninkovými fázemi. I když hlavní efekt modality sám o sobě significance nedosáhl ($p = 0,418$), výše uvedené interakce svědčí o silném vlivu vertikálně orientovaného tréninku na vývoj maximální síly v tomto testu.

Další významné zlepšení bylo zaznamenáno v hodu míčem, kde byl pozorován hlavní efekt času ($F = 17,308$, $p = 0,003$, $\eta^2 = 0,023$), tréninku ($F = 5,976$, $p = 0,039$, $\eta^2 = 0,212$) i skupiny ($F = 25,886$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,244$). Skupina BI vykazovala nejvyšší post-testové hodnoty ($v = 90,4$ km/h) a byla významně lepší než UNI2 ($p = 0,007$) i CON2 ($p = 0,036$). Interakce trénink x skupina byla rovněž statisticky významná ($F = 14,492$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,086$), což potvrzuje specifický přenos adaptačního efektu tohoto typu silové intervence.

Z hlediska horizontální síly (skok do dálky z místa a jeho variace) bilaterální trénink nevedl k tak jednoznačně dominantnímu efektu jako v testech s vertikálním vektorem síly. Nicméně, v testu skoku do dálky z místa z levé nohy se skupina BI 1 ukázala být signifikantně výkonnější než UNI 2 ($p = 0,043$, $d = 0,77$), přičemž hlavní efekt modality byl rovněž významný ($F = 5,840$, $p = 0,038$, $\eta^2 = 0,175$). U skoku do dálky z místa z obou nohou byl zaznamenán významný časový efekt ($F = 15,138$, $p = 0,005$, $\eta^2 = 0,027$) a interakce trénink x skupina ($F = 11,777$, $p = 0,007$, $\eta^2 = 0,127$), což opět naznačuje, že reakce na bilaterální trénink byla diferencovaná v závislosti na fázové expozici.

V agility T-testu nebyl časový efekt významný, nicméně efekt tréninku byl statisticky signifikantní ($F = 5,224$, $p = 0,022$, $\eta^2 = 0,128$), a skupina BI vykazovala nejnižší průměrný čas ($t = 10,8$ s). Tento výsledek lze považovat za důkaz širšího transferu silové adaptace i na úlohy s více směrovou strukturou pohybu.

Souhrnně lze konstatovat, že bilaterální trénink zaměřený na vertikální komponentu síly vedl ke konzistentnímu zlepšení výkonu zejména v testech vertikální výbušná síla, maximální síly

a hodu. Efekty byly často střední až velké a nejvýznamnější zisky byly zaznamenány v první tréninkové fázi.

Unilaterální trénink zaměřený na horizontální složku silového vektoru (UNI) přinesl především zlepšení v testech s unilaterálním nebo horizontálním charakterem pohybu. V testu skoku do dálky z místa pravou nohou byl zaznamenán statisticky významný efekt času ($F = 19,370$, $p = 0,002$, $\eta^2 = 0,030$) a signifikantní interakce trénink x skupina ($F = 10,383$, $p = 0,002$, $\eta^2 = 0,082$). Post-hoc analýzy odhalily rozdíly mezi UNI 1 a UNI 2 ($p = 0,034$, $d = 0,68$), naznačující vliv tréninkové fáze na velikost adaptační odezvy.

Významný adaptační efekt byl pozorován i u izometrického tahu, kde skupina UNI 1 dosáhla výrazně vyšších post-testových hodnot než UNI 2 ($p = 0,016$, $d = 0,72$). Hlavní efekt času byl silně signifikantní ($F = 29,948$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,073$) a třístranná interakce rovněž dosáhla statistické významnosti ($F = 18,096$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,031$), poukazujíc na složitější dynamiku adaptací v závislosti na kombinaci časového průběhu a tréninkové expozice.

V testu rychlosti na 10 m byl zaznamenán hlavní efekt času ($F = 27,920$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,064$), zatímco efekty modality a skupiny signifikantní nebyly, efekt tréninku měl střední velikost ($\eta^2 = 0,073$), což naznačuje, že unilaterální trénink mohl přispět ke zlepšení akcelerační schopnosti.

V hodu míčem byla skupina UNI rovněž úspěšná, i když ne tak výrazně jako BI. Výkon se zlepšil v čase ($F = 17,308$, $p = 0,003$, $\eta^2 = 0,023$) a hlavní efekt modality byl významný ($F = 5,976$, $p = 0,039$, $\eta^2 = 0,212$). Hodnoty ve skupině UNI ($v = 89,4$ km/h) byly signifikantně vyšší než ve skupině CON ($v = 84,0$ km/h), ale nižší než ve skupině BI. Interakce trénink x skupina ($F = 14,492$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,086$) potvrzuje, že efekt byl výrazně závislý na konkrétní skupině a fázi intervence.

Na rozdíl od skupiny BI se u skupiny UNI neprokázaly výrazné přínosy ve výskoku s protipohybem, což je v souladu s biomechanickou specifitou tréninku. V testu agility však byla skupina UNI rychlejší než CON a efekt modality byl opět signifikantní ($F = 5,224$, $p = 0,022$, $\eta^2 = 0,128$).

Unilaterální trénink s horizontální orientací silového vektoru vedl k významným zlepšením zejména v unilaterálních výkonech skoku do dálky z místa z pravé nohy a rychlosti na 10 metrech. Zlepšení zaznamenal taky v testu izometrického tahu. Zisky byly více patrné v první fázi intervence, což může souviset s kumulativním efektem tréninkového zatížení nebo rozdíly ve výchozí úrovni výkonnosti.

11 Diskuze

11.1 Shrnutí hlavních zjištění

Cílem této studie bylo zhodnotit vliv silového tréninku s vertikální (bilaterální) a horizontální (unilaterální) orientací silového vektoru na vybrané neuromuskulární a somatické ukazatele u mladých hráčů házené. Studie využila dva komplementární statistické přístupy – agregovanou ANOVU pro opakovaná měření a plně faktoriální model. Oba modely poskytly odlišné, ale navzájem doplňující pohledy na adaptační trajektorie (Behm et al., 2017; Lloyd et al., 2016).

Napříč oběma modely byly identifikovány významné hlavní efekty proměnné času, což potvrzuje robustní zlepšení výkonu u testů jako výskok s protipohybem, izometrický tah, hod míčem a rychlost na 10 metrů. Tato zlepšení pravděpodobně odrážejí kombinaci tréninkových adaptací a přirozeného vývoje (Lloyd et al., 2016).

Faktoriální ANOVA umožnila hlubší vhled do detailních adaptačních vzorců, zejména díky možnosti detekovat interakční efekty mezi časem, tréninkovou modalitou a skupinovou alokací. Tento přístup odhalil jemnější souvislosti mezi typem tréninku, načasováním intervence a individuální odezvou.

Například v testu výskoku s protipohybem byla detekována významná interakce trénink x skupina ($F = 9,155$, $p = 0,008$, $\eta^2 = 0,053$), přičemž skupina BI1 zaznamenala výraznější post-testové zlepšení než BI2, což může být spojeno s načasováním tréninku do první fáze. Stejně tak v skoku do dálky z místa z levé nohy byla zaznamenána třístranná interakce trénink x čas x skupina ($F = 11,320$, $p = 0,002$, $\eta^2 = 0,033$), což ukazuje na komplexní vztah mezi fází tréninku, časem a směrem zatížení.

Výzkumy Winter a kol. (2022) a Hopkins a kol. (2009) zdůrazňují, že takové interakce mají zásadní význam pro porozumění individuální variabilitě odpovědi na trénink a že právě faktoriální modely jsou schopny tyto nuance odhalit.

Na druhou stranu, mnoho interakcí v naší studii zůstalo statisticky nevýznamných, nebo jen hraničních. Například interakce trénink x skupina v izokinetické síle ramene v rychlosti 180°/s ($F = 3,390$, $p = 0,068$) naznačuje možný efekt, ale bez potvrzení na hladině $p < 0,05$. Tato situace může být důsledkem omezené velikosti vzorku, což je často limitující faktor pro detekci vyššího řádu interakcí.

Je tedy důležité podtrhnout, že interpretace faktorových výsledků vyžaduje opatrnost – ačkoli mohou odhalit cenné vzorce, je třeba je doplnit o analýzu velikostí efektu, praktické relevance a případně kvalifikovaných trendů. V našem případě faktorový model vhodně doplnil agregovaný přístup a umožnil sofistikovanější porozumění tréninkové odpovědi.

11.1.1 Efektivita bilaterálního – vertikálně orientovaného tréninku

Výsledky ukázaly, že bilaterální trénink vedl k nejvýraznějším ziskům ve vertikálně orientovaných testech, zejména výskoku s protipohybem ($d = 1,27$), izometrického tahu ($d = 1,66$) a hodu míčem ($d = 1,48$). Tyto výsledky podporují teorii silové specifity (force-vector theory), podle níž dochází k maximálnímu přenosu tréninkových adaptací tehdy, pokud směr působení síly odpovídá požadavkům cílového pohybu (Morin & Samozino, 2016).

Zlepšení ve výskoku s protipohybem po bilaterálním tréninku jsou v souladu s výzkumy Loturca a kol. (2015), který zaznamenal nárůst výšky výskoku po vertikálně zatíženém silovém tréninku u mladých sportovců. Rovněž studie Ortega-Becerra a kol. (2018) ukázala, že trénink s důrazem na vertikální silové komponenty přináší výraznější zlepšení ve vertikálním výskoku s protipohybem než horizontální varianta.

Efektivita bilaterálního přístupu se projevila i u hodu míčem, což lze vysvětlit výrazným zapojením proximální kinetické sekvence, kde výbušná síla dolních končetin hraje zásadní roli v přenosu energie do horní části těla (Suchomel a kol., 2016).

11.1.2 Specifické efekty unilaterálního – horizontálně orientovaného tréninku

Unilaterální trénink přinesl selektivní zlepšení především v testech rychlosti na 10 m a do určité míry v testech skoky do dálky z místa s jednou nohou. V testu rychlosti na 10 metrů byla skupina UNI výkonnější než kontrolní skupina ($p = 0,013$), což podporuje hypotézu, že horizontální vektorové zatížení může lépe rozvíjet horizontální složky výkonu (Gonzalo-Skok a kol., 2017).

Tento výsledek je v souladu s meta-analýzou Liao a kol. (2022), která ukázala pozitivní dopad unilaterálního tréninku na výkony v horizontálních pohybech, jako je akcelerace, nebo změna směru. Nicméně v naší studii nebyly tyto efekty tak výrazné ani konzistentní jako u bilaterálního protějšku. To může souviset s kratší dobou intervence, technickou náročností unilaterálních cviků, nebo nižší úrovní neuromuskulární zralosti adolescentních hráčů (Behm a kol., 2017; Kopal a kol., 2021).

11.1.3 Překvapivá účinnost testů bez ohledu na vektorovou shodu

Jedním z nejzajímavějších zjištění této studie bylo, že ke zlepšení výkonnosti docházelo i v testech, které svou biomechanickou strukturou nekorespondovaly se směrovou orientací tréninkového podnětu. Například bilaterální (vertikálně orientovaný) trénink vedl nejen ke zlepšení ve výskoku s protipohybem, ale také v běhu na 10 metrů ($p < 0,001$, $d = 1,30$), ačkoli akcelerace je typicky horizontální úloha. Podobně skupina UNI (horizontální trénink) zaznamenala významné zlepšení v izometrickém tahu ($d = 1,04$), který je silně vertikálně orientovaný.

Tento „křížový přenos“ tréninkového efektu lze do určité míry vysvětlit celkovým zvýšením neuromuskulární aktivity a silové produkce, která není limitována výhradně směrem vektoru. Například Suchomel a kol. (2016) poukazují na to, že u začínajících a středně pokročilých sportovců může být zisk síly méně specifický a více systémový. Lesinski a kol. (2016) navíc uvádějí, že u mladých sportovců dochází k rychlému zlepšení i v netrénovaných úlohách díky celkové zlepšené koordinaci, stabilitě a centrálním motorickým programům.

Liao a kol. (2022) potvrzují, že unilaterální silový trénink zlepšuje nejen unilaterální výkony, ale i bilaterální ukazatele jako výskok či rychlost, i když s menší efektivitou než bilaterální protějšek. V našem výzkumu se tento jev potvrdil zejména u hodu míčem, kde obě tréninkové skupiny překonaly kontrolní, přestože se jedná o komplexní bilaterální úkol.

Zajímavým příkladem je i test T-test agility, který není přímo vertikálně ani horizontálně specifický, ale kombinuje více směrové pohyby. Skupina BI zde dosáhla výrazně lepších výsledků než CON ($p = 0,022$; $d = 1,15$), i když samotný typ tréninku nebyl přímo zaměřen na laterální pohyb. To opět naznačuje, že rozvoj obecné síly a výbušná síla se může přenášet i na komplexní motorické úkoly.

Tato „nevektorová“ účinnost má zásadní implikace pro tréninkovou praxi: v období základní přípravy a u mladých sportovců může být efektivní i méně specificky cílený trénink, pokud je dostatečně intenzivní a systematický.

Podobnou interpretaci nabízí i Fitzpatrick a kol. (2019), kteří kritizují koncept silového vektoru jako hlavního určujícího faktoru tréninkového přenosu. Zdůrazňují, že směr síly vzhledem ke globálnímu rámci není pro efektivitu pohybového výkonu rozhodující, protože sportovec je schopen měnit svou tělesnou orientaci a tím i směr působení síly v průběhu samotného pohybu. Klíčovým faktorem je podle autorů schopnost vyvíjet sílu v konkrétním kloubním rozsahu a pod podmínkami odpovídajícími cílové motorické úloze. Právě mechanická podobnost v oblasti akcentované produkce síly, může být hlavním vysvětlením zaznamenaného přenosu tréninkových efektů i mezi pohybovými činnostmi, které se liší globální orientací vektoru. To podporuje i naše výsledky, kdy došlo ke zlepšení výkonu v testech s odlišnou směrovou orientací oproti aplikovanému typu zatížení.

11.2 Vyhodnocení hypotéz

H1: Silový trénink zaměřený na specifický směr silového vektoru (bilaterální-vertikální a unilaterální-horizontální) povede k rozdílným zlepšením ve vybraných ukazatelích fyzického výkonu u elitních mládežnických hráčů házené.

Tato hypotéza byla **částečně potvrzena**. Rozdílné adaptační vzorce mezi skupinami byly prokázány zejména v testech vertikálního výskoku s protipohybem, hodů míčem a izokinetice ramene při rychlosti 180°/s, kde skupina BI dosahovala vyšších výkonů než UNI i CON. Bilaterální vertikální trénink vykazoval systematičtější zlepšení v testech vyžadujících vertikální silové komponenty (např. výskok s protipohybem: $d = 1,27$; izometrický tah: $d = 1,66$), zatímco unilaterální trénink přinášel selektivní efekty v testech akcelerace (rychlost na 10 m: $p = 0,013$) či hodů ($d = 1,12$). Statisticky významné rozdíly mezi skupinami se však neobjevovaly konzistentně ve všech proměnných a interakce trénink $\times$ čas byly častěji nonsignifikantní. To může souviset s krátkou dobou intervence a relativně malou velikostí vzorku. Přesto byly pozorovány indikace směrově specifických adaptací, podporujících základní premisu hypotézy.

H2: Přenos tréninkového efektu bude výraznější u sportovně specifických testů (např. rychlost, hod, změna směru) než u nespecifických obecných testů (např. výskok s protipohybem, izometrický tah).

Tato hypotéza byla **částečně vyvrácena**. Největší efektové velikosti byly pozorovány v tzv. „obecných“ testech – zejména v izometrickém tahu ($d = 1,66$) a vertikálním výskoku s protipohybem ($d = 1,27$), což naznačuje, že adaptace probíhaly především v základních silových schopnostech. Naopak ve sportovně specifických testech jako T-test nebo rychlost na 30 metrů nebyly zaznamenány významné hlavní efekty času. Významné rozdíly v rychlosti na 10 metrů a hodů míčem však potvrzují, že sportovní výkon se zlepšoval, ale často nebyl jednoznačně specifický k typu tréninku. To je v souladu se závěry například Lesinski a kol. (2016) nebo Lloyd a kol. (2016), kteří upozorňují, že v mladší populaci může i nespecifický trénink vést k přenosu do sportovního výkonu.

H3: Tréninková adaptace bude nejvýraznější tehdy, pokud směr aplikované síly během tréninku odpovídá směrové orientaci pohybu vyžadované v daném testu

Tato hypotéza byla **převážně potvrzena**. Skupina BI dosahovala největších zlepšení ve vertikálně orientovaných testech – výskok s protipohybem, izometrický tah, zatímco skupina UNI zaznamenala výraznější pokrok v rychlosti na 10 m a skocích do dálky z místa z pravé nohy. Tato shoda mezi směrem síly v tréninku a v testu je v souladu s teorií silové specifity (Morin & Samozino, 2016) a dalšími pracemi (Gonzalo-Skok, 2017; Loturco et al., 2015). Zároveň se však objevovaly i překvapivé přenosy mezi odlišnými směry (např. zlepšení izometrické síly i ve skupině UNI, nebo rychlost hodů u skupiny BI), což naznačuje existenci širších adaptačních mechanismů, především u adolescentů (Behm et al., 2017). Přesto je biomechanická shoda mezi tréninkem a výkonem zjevně důležitým faktorem, který posiluje přenos efektu.

12 Závěr a praktická doporučení

Závěrem této disertační práce lze shrnout, že bilaterální a unilaterální silový trénink s odlišnou orientací silového vektoru představují efektivní prostředky pro rozvoj silových a rychlostních schopností u elitních mládežnických hráčů házené. Výsledky potvrdily, že bilaterální-vertikální trénink je efektivnější zejména v rozvoji vertikální výbušná síla, rychlosti hodů a síly horních končetin. Naproti tomu unilaterální-horizontální trénink přinesl největší přínos v akcelerační fázi běhu. Tato zjištění potvrzují význam směrové specifity silového zatížení, kdy přenos tréninkových adaptací je nejsilnější ve směru aplikované síly.

Za důležitý poznatek lze považovat i to, že tréninková frekvence dvou silových jednotek týdně v kombinaci s relativně omezeným objemem byla dostatečná k dosažení nejen statisticky významných, ale i prakticky důležitých zlepšení. Tento výsledek podporuje koncept minimální efektivní dávky, což je cenné z hlediska plánování kondiční přípravy v podmínkách vrcholového mládežnického sportu, kde je nutné citlivě vyvažovat zatížení s ohledem na regeneraci a prevenci přetížení.

Zároveň se ukázalo, že zařazování cviků zaměřených na rozvoj výbušná síla s vyšší intenzitou zatížení je v této věkové kategorii nejen bezpečné, ale především efektivní. Výbušná síla a schopnost rychlé aplikace síly představují klíčové determinanty výkonu v házené a vhodně strukturovaný silově-výbušný trénink pomáhá tyto schopnosti cíleně rozvíjet. Současně přispívá k pokrytí širšího spektra rychlostně-silové křivky, která tvoří základ komplexního silového profilu sportovce.

Je však důležité vnímat sportovní výkon jako výsledek součinnosti celé řady fyzických schopností, kde vedle síly a rychlosti hrají roli také stabilita, rovnováha a pohybová kontrola. Přestože tato studie hodnotila převážně výkonové parametry, lze předpokládat, že unilaterální a horizontálně orientované cviky přispívají rovněž k rozvoji dynamické stability a prevence zranění. Tyto aspekty nebyly v rámci tohoto výzkumu přímo sledovány, avšak literární zdroje poukazují na to, že schopnost stabilizovat asymetrické a nestandardní polohy může být významným přínosem tohoto typu zatížení.

Z tohoto důvodu by přínos unilaterálního tréninku neměl být hodnocen pouze optikou výkonových testů. Vhodné začlenění unilaterálních a směrově specifických cvičení do tréninkového procesu může podpořit nejen rozvoj výkonnosti, ale i dlouhodobou udržitelnost sportovní přípravy, a to díky podpoře prevence přetížení a zranění.

Pro komplexnější diagnostiku a přesnější zhodnocení efektu unilaterálního tréninku lze doporučit rozšíření testovací baterie o stabilizačně-koordinační testy, jako například:

- unilaterální countermovement jump s hodnocením stability dopadu,
- Y-Balance test,
- Star Excursion Balance Test (SEBT),
- seskok a výskok z jedné nohy s analýzou reaktivní síly a stability,
- laterální skoky s hodnocením horizontální složky síly při zachování posturální kontroly,
- dynamické testy agility reagující na vizuální podnět (například modifikovaný T-test).

Zařazení těchto testů by mohlo umožnit zachytit širší spektrum adaptačních změn, které unilaterální trénink přináší, zejména v oblasti prevence zranění a rozvoje komplexních pohybových schopností.

Z hlediska dlouhodobého rozvoje sportovce lze doporučit strukturované využívání obou modalit – bilaterálních i unilaterálních cvičení – s ohledem na specifickou směrovou orientaci cílových pohybových činností. Vzájemná kombinace těchto přístupů umožní optimální rozvoj výkonu a zároveň podporu pohybové efektivity a zdravotní odolnosti hráčů házené.

Tato disertační práce přispívá k rozšíření poznatků o směrové specifitě silového tréninku a poskytuje praktická doporučení pro kondiční přípravu mládežnických hráčů kolektivních sportů, s cílem maximalizovat přenos silového tréninku do herních dovedností a zároveň podporovat dlouhodobě udržitelnou sportovní výkonnost.

13 Zdroje

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology*, 93(4), 1318-1326. <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/japplphysiol.00283.2002>
- Ab Rahman, Z., Kamal, A. A., Noor, M. A. M., & Geok, S. K. (2021). Reliability, validity, and norm references of standing broad jump. *Revista Geintec-Gestao Inovacao E Tecnologias*, 11(3), 1340-1354.
- Abade, E., Silva, N., Ferreira, R., Baptista, J., Gonçalves, B., Osório, S., & Viana, J. (2021). Effects of adding vertical or horizontal force-vector exercises to in-season general strength training on jumping and sprinting performance of youth football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(10), 2769-2774.
- Aguilar-Martínez, D., Chiroso, L. J., Martín, I., Chiroso, I. J., & Cuadrado-Reyes, J. (2012). Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano/Effect of power training in throwing velocity in team handball. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 12, 729-744.
- Akcaay, N., Yildiz, K. C., Tanriover, S., Kani, M. A., Akgul, M. S., & Sahin, F. N. (2023). Investigation of parameters affecting throwing velocity and accuracy in handball. *Journal of ROL Sport Sciences*, 706-720.
- Aouichaoui, C., Krichen, S., Tounsi, M., Ammar, A., Tabka, O., Chatti, S., Zaouali, M., Zouch, M., & Trabelsi, Y. (2024). Reference Values of Physical Performance in Handball Players Aged 13–19 Years: Taking into Account Their Biological Maturity. *Clinics and Practice*, 14(1), 305-326.
- Baena-Raya, A., García-Mateo, P., García-Ramos, A., Rodríguez-Pérez, M. A., & Soriano-Maldonado, A. (2022). Delineating the potential of the vertical and horizontal force-velocity profile for optimizing sport performance: A systematic review. *Journal of sports sciences*, 40(3), 331-344.
- Bayios, I. A., Anastasopoulou, E., Sioudris, D., & Boudolos, K. D. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball

- velocity in team handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 229-235.
- Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M., & Drust, B. (2018). Effects of plyometric and directional training on speed and jump performance in elite youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(2), 289-296.
- Behm, D. G., Young, J. D., Whitten, J. H., Reid, J. C., Quigley, P. J., Low, J., Li, Y., Lima, C. D., Hodgson, D. D., & Chaouachi, A. (2017). Effectiveness of traditional strength vs. power training on muscle strength, power and speed with youth: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in physiology*, 8, 423.
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). Periodization: Theory and methodology of training.[5-th Edition]. *Champaign, IL, USA: Human Kinetics*, 75-87.
- Bonetti, L., Zardo, F., Candiago, B., Finger, A. T., De Marchi, T., & Tadiello, G. (2019). Isokinetic performance of shoulder external and internal rotators in adolescent female handball athletes. *Science & Sports*, 34(2), e119-e123.
- Bosquet, L., Berryman, N., Dupuy, O., Mekary, S., Arvisais, D., Bherer, L., & Mujika, I. (2013). Effect of training cessation on muscular performance: A meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(3), e140-e149.
- Brabec, Š. (2024). *Motorické testy v házené: Analýza a komparace zahraničních testovacích baterií a jejich výsledků s českými standardy* [bakalářská práce, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Univerzita Karlova]. Praha.
- Brady, C. J., Harrison, A. J., & Comyns, T. M. (2020). A review of the reliability of biomechanical variables produced during the isometric mid-thigh pull and isometric squat and the reporting of normative data. *Sports Biomechanics*.
- Bragazzi, N. L., Rouissi, M., Hermassi, S., & Chamari, K. (2020). Resistance training and handball Players' isokinetic, isometric and maximal strength, muscle power and throwing ball velocity: a systematic review and meta-analysis. *International journal of environmental research and public health*, 17(8), 2663. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082663>
- Castro, M. P. d., Fonseca, P., Morais, S. T., Borgonovo-Santos, M., Coelho, E. F. C., Ribeiro, D. C., & Vilas-Boas, J. P. (2019). Functional shoulder ratios with high velocities of shoulder internal rotation are most sensitive to determine shoulder rotation torque

- imbalance: a cross-sectional study with elite handball players and controls. *Sports Biomechanics*, 18(1), 39-50.
- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., & Aiken, L. S. (2013). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Comfort, P. (2015). *A biomechanical analysis of variations of the power clean and their application for athletic development*. University of Salford (United Kingdom).
- Comfort, P., Allen, M., & Graham-Smith, P. (2011). Kinetic comparisons during variations of the power clean. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3269-3273.
- Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 173-177.
- Contreras, B., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J., Beardsley, C., & Cronin, J. (2015). A comparison of gluteus maximus, biceps femoris, and vastus lateralis electromyographic activity in the back squat and barbell hip thrust exercises. *Journal of applied biomechanics*, 31(6), 452-458.
- Contreras, B., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J., Beardsley, C., McMaster, D. T., Reyneke, J. H., & Cronin, J. B. (2017). Effects of a six-week hip thrust vs. front squat resistance training program on performance in adolescent males: a randomized controlled trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(4), 999-1008.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1—Biological basis of maximal power production. *Sports medicine*, 41, 17-38.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: part 2—training considerations for improving maximal power production. *Sports medicine*, 41, 125-146.
- Cuthbert, M., Haff, G. G., Arent, S. M., Ripley, N., McMahon, J. J., Evans, M., & Comfort, P. (2021). Effects of variations in resistance training frequency on strength development in well-trained populations and implications for in-season athlete training: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 51, 1967-1982.

- Cuthbert, M., Haff, G. G., McMahon, J. J., Evans, M., & Comfort, P. (2024). Microdosing: a conceptual framework for use as programming strategy for resistance training in team sports. *Strength & Conditioning Journal*, 46(2), 180-201.
- de Assis Neves, T., Winckler, C., & Guerra, R. L. F. (2022). Effects of plyometric training combined with repeated sprints on physical performance in female handball athletes. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 26(286).
- Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of sports sciences*, 29(7), 705-713.
- Dietz, C., & Peterson, B. (2012). Triphasic training: A systematic approach to elite speed and explosive strength performance. *(No Title)*.
- DiSanto, M., Valentine, G., & Boutagy, N. (2015). Weightlifting movements from full extension: The snatch and clean. *Strength & Conditioning Journal*, 37(1), 1-4.
- Edouard, P., Mendiguchia, J., Guex, K., Lathi, J., Samozino, P., & Morin, J.-B. (2019). Sprinting: a potential vaccine for hamstring injury? *Sport performance science reports*, 2019.
- Eliassen, W., Saeterbakken, A. H., & van den Tillaar, R. (2018). Comparison of bilateral and unilateral squat exercises on barbell kinematics and muscle activation. *International journal of sports physical therapy*, 13(5), 871.
- Escamilla, R. F., Ionno, M., deMahy, S., Fleisig, G. S., Wilk, K. E., Yamashiro, K., Paulos, L., & Andrews, J. R. (2011). Comparison of Three Baseball-Specific Six-Week Training Programs on Throwing Velocity in High School Baseball Players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(5), 836-837.
- Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., MacDonald, J., & Myer, G. D. (2016). Citius, Altius, Fortius: beneficial effects of resistance training for young athletes: narrative review. *British journal of sports medicine*, 50(1), 3-7.
- Falch, H. N., Haugen, M. E., Kristiansen, E. L., & van den Tillaar, R. (2022). Effect of strength vs. plyometric training upon change of direction performance in young female handball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6946.

- Ferrari, W. R., Sarmiento, H., & Vaz, V. (2019). Match analysis in handball: a systematic review. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 8(2), 63-76.
- Fitzpatrick, D. A., Cimadoro, G., & Cleather, D. J. (2019). The magical horizontal force muscle? A preliminary study examining the “force-vector” theory. *Sports*, 7(2), 30.
- Fleureau, A., Rabita, G., Leduc, C., Buchheit, M., & Lacome, M. (2023). Peak locomotor intensity in elite handball players: A first insight into player position differences and training practices. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 37(2), 432-438.
- Florin, C., Constantin, R., Adrian, G., Diana, G., & Valentin, N. (2013). IDENTIFICATION AND EVALUATION OF PHYSICAL QUALITIES SPECIFIC TO HANDBALL. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 13.
- Font, R., Ortega-Becerra, M., Tremps, V., Vicente, A., Merayo, A., & Mallol, M. (2025). Analysis of sleep quality and quantity during a half-season in world-class handball players. *Biology of sport*, 42(3), 247-255.
- García-Sánchez, C., Lominchar-Ramos, J. M., Jiménez-Ormeño, E., Comfort, P., Alonso-Aubín, D. A., & Soriano, M. A. (2024). The dynamic strength index is a reliable and feasible tool to assess neuromuscular performance in male and female handball players. *Sports Biomechanics*, 1-15.
- García-Sánchez, C., Navarro, R. M., Karcher, C., & de la Rubia, A. (2023). Physical demands during official competitions in elite handball: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 3353.
- Gonzalo-Skok, O. (2017). Single-leg power output and between-limbs imbalance. *ijspp*, 2015, 0743.
- Grgic, J., Scapec, B., Mikulic, P., & Pedisic, Z. (2022). Test-retest reliability of isometric mid-thigh pull maximum strength assessment: a systematic review. *Biology of Sport*, 39(2), 407-414.
- Hammami, M., Gaamouri, N., Cherni, Y., Chelly, M. S., Hill, L., & Knechtle, B. (2022). Effects of contrast strength training with elastic band program on sprint, jump, strength, balance and repeated change of direction in young female handball players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17(5), 1147-1157.

- Hammami, M., Gaamouri, N., Suzuki, K., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2020). Effects of upper and lower limb plyometric training program on components of physical performance in young female handball players. *Frontiers in physiology*, *11*, 1028.
- Hammami, M., Hermassi, S., Gaamouri, N., Aloui, G., Comfort, P., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Field tests of performance and their relationship to age and anthropometric parameters in adolescent handball players. *Frontiers in physiology*, *10*, 1124.
- Harper, D. J. (2021). *An analysis of the musculoskeletal forces experienced during horizontal decelerations in multidirectional sports*. <https://sciofmultispeed.com/analysis-of-the-musculoskeletal-forces-experienced-during-horizontal-decelerations-in-multidirectional-sports/>
- Hegyi, A., Péter, A., Finni, T., & Cronin, N. (2018). Region-dependent hamstrings activity in Nordic hamstring exercise and stiff-leg deadlift defined with high-density electromyography. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *28*(3), 992-1000.
- Heishman, A. D., Daub, B. D., Miller, R. M., Freitas, E. D., Frantz, B. A., & Bembien, M. G. (2020). Countermovement jump reliability performed with and without an arm swing in NCAA division 1 intercollegiate basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *34*(2), 546-558.
- Hermassi, S., Fadhloun, M., Chelly, M. S., & Bensbaa, A. (2011). Relationship between agility T-test and physical fitness measures as indicators of performance in elite adolescent handball players. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*(5), 125-131.
- Hermassi, S., Ghaith, A., Schwesig, R., Shephard, R. J., & Souhail Chelly, M. (2019). Effects of short-term resistance training and tapering on maximal strength, peak power, throwing ball velocity, and sprint performance in handball players. *PloS one*, *14*(7), e0214827.
- Hicks, D. S., Schuster, J. G., Samozino, P., & Morin, J.-B. (2020). Improving mechanical effectiveness during sprint acceleration: practical recommendations and guidelines. *Strength & Conditioning Journal*, *42*(2), 45-62.

- Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences*, 126(843), 136-195.
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*, 41(1), 3.
- Cheatham, S. W., Kolber, M. J., Cain, M., & Lee, M. (2015). The effects of self-myofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: a systematic review. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 827.
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480-1487. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>
- Iacono, A. D., Martone, D., Milic, M., & Padulo, J. (2017). Vertical-vs. horizontal-oriented drop jump training: chronic effects on explosive performances of elite handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(4), 921-931.
- Ingebrigtsen, J., & Jeffreys, I. (2012). Relationship between speed, strength and jumping abilities in elite junior handball players.
- International Handball, F. (2024). Rules of the Game – Indoor Handball. In. Basel: IHF.
- Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports medicine*, 40, 189-206.
- Jeffreys, I. (2017). RAMP warm-ups: more than simply short-term preparation. *Prof Strength Cond*, 44, 17-23.
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., García-Ramos, A., Cuadrado-Peñafiel, V., Brughelli, M., & Morin, J.-B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, 6, e5937.
- Karadenizli, Z. I. (2016). The effects of plyometric training on balance, anaerobic power and physical fitness parameters in handball. *The Anthropologist*, 24(3), 751-761.
- Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports medicine*, 44, 797-814.

- Karcher, C., & Font Ribas, R. (2024). Physical Demands of Elite Handball: How Is the Game Evolving? *Aspetar Sports Medicine Journal*, 13. <https://journal.aspetar.com/en/archive/volume-13-targeted-topic-sports-medicine-in-handball/physical-demands-of-elite-handball>
- Katsumata, K., & Aoki, K. (2021). Jumping ability is related to change of direction ability in elite handball players. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 60, 102575.
- Kawamori, N., Newton, R., & Nosaka, K. (2014). Effects of weighted sled towing on ground reaction force during the acceleration phase of sprint running. *Journal of sports sciences*, 32(12), 1139-1145.
- Kotzamanidis, C., Skoufas, D. K., Hatzikotoulas, K., & Patikas, D. A. (2003). Upper limb segment loading: The effect of training on the throwing velocity of novice handball players. *Journal of Human Movement Studies*, 45(2), 97-114.
- Kraemer, W. J., & Fleck, S. J. (2007). *Optimizing strength training: designing nonlinear periodization workouts*. Human Kinetics.
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Kolinger, D., Pisz, A., Świtała, K., Petruzela, J., & Stastny, P. (2023). Acute Effects of Supra-and High-Loaded Front Squats on Mechanical Properties of Lower-Limb Muscles. *Sports*, 11(8), 148.
- Krzysztofik, M., Wilk, M., Pisz, A., Kolinger, D., Bichowska, M., Zajac, A., & Stastny, P. (2023). Acute effects of high-load vs. plyometric conditioning activity on jumping performance and the muscle-tendon mechanical properties. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 37(7), 1397-1403.
- Kurt, C., Gürol, B., & Nebioğlu, İ. Ö. (2023). Effects of traditional stretching versus self-myofascial release warm-up on physical performance in well-trained female athletes. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 23(1), 61.
- Kvorning, T., Hansen, M. R., & Jensen, K. (2017). Strength and conditioning training by the danish national handball team before an olympic tournament. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(7), 1759-1765.
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in psychology*, 4, 863.
- Laursen, P., & Buchheit, M. (2019). *Science and application of high-intensity interval training*. Human kinetics.

- Laver, L., Luig, P., Achenbach, L., Myklebust, G., & Karlsson, J. (2018). Handball injuries: epidemiology and injury characterization: Part 1. *Handball sports medicine: basic science, injury management and return to sport*, 141-153.
- Lesinski, M., Prieske, O., & Granacher, U. (2016). Effects and dose–response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 50(13), 781-795.
- Liao, K.-F., Nassis, G., Bishop, C., Yang, W., Bian, C., & Li, Y.-M. (2022). Effects of unilateral vs. bilateral resistance training interventions on measures of strength, jump, linear and change of direction speed: a systematic review and meta-analysis. *Biology of Sport*, 39(3), 485-497.
- Lloyd, R. S., Cronin, J. B., Faigenbaum, A. D., Haff, G. G., Howard, R., Kraemer, W. J., Micheli, L. J., Myer, G. D., & Oliver, J. L. (2016). National Strength and Conditioning Association position statement on long-term athletic development. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(6), 1491-1509.
- Loturco, I., Contreras, B., Kobal, R., Fernandes, V., Moura, N., Siqueira, F., Winckler, C., Suchomel, T., & Pereira, L. A. (2018). Vertically and horizontally directed muscle power exercises: Relationships with top-level sprint performance. *PloS one*, 13(7), e0201475.
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Zanetti, V., Kitamura, K., Abad, C. C. C., & Nakamura, F. Y. (2015). Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *Journal of sports sciences*, 33(20), 2182-2191.
- Madrugá-Parera, M., Bishop, C., Beato, M., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Gonzalo-Skok, O., & Romero-Rodríguez, D. (2021). Relationship between interlimb asymmetries and speed and change of direction speed in youth handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(12), 3482-3490.
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European journal of applied physiology*, 116, 1091-1116.

- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., & de Paz, J. A. (2017). Functional and muscle-size effects of flywheel resistance training with eccentric-overload in professional handball players. *Journal of Human Kinetics*, 60, 133.
- Marques, M. C., Van Den Tillaar, R., Vescovi, J. D., & González-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International journal of sports physiology and performance*, 2(4), 414-422. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.4.414>
- Matthys, S. P., Fransen, J., Vaeyens, R., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2013). Differences in biological maturation, anthropometry and physical performance between playing positions in youth team handball. *Journal of sports sciences*, 31(12), 1344-1352.
- Matthys, S. P., Vaeyens, R., Vandendriessche, J., Vandorpe, B., Pion, J., Coutts, A. J., Lenoir, M., & Philippaerts, R. M. (2011). A multidisciplinary identification model for youth handball. *European Journal of Sport Science*, 11(5), 355-363.
- Michalsik, L., Aagaard, P., & Madsen, K. (2013). Locomotion characteristics and match-induced impairments in physical performance in male elite team handball players. *International journal of sports medicine*, 34(07), 590-599.
- Michalsik, L. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2015). Technical activity profile and influence of body anthropometry on playing performance in female elite team handball. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(4), 1126-1138.
- Mohamed, H., Vaeyens, R., Matthys, S., Multael, M., Lefevre, J., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2009). Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. *Journal of sports sciences*, 27(3), 257-266.
- Morin, J.-B., Gimenez, P., Edouard, P., Arnal, P., Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Mendiguchia, J. (2015). Sprint acceleration mechanics: the major role of hamstrings in horizontal force production. *Frontiers in physiology*, 6, 404.
- Morin, J.-B., Petrakos, G., Jiménez-Reyes, P., Brown, S. R., Samozino, P., & Cross, M. R. (2017). Very-heavy sled training for improving horizontal-force output in soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 12(6), 840-844.

- Morin, J.-B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International journal of sports physiology and performance*, 11(2), 267-272.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports medicine*, 30, 79-87.
- Myers, A. M., Beam, N. W., & Fakhoury, J. D. (2017). Resistance training for children and adolescents. *Translational pediatrics*, 6(3), 137.
- Nonnato, A., Hulton, A. T., Brownlee, T. E., & Beato, M. (2022). The effect of a single session of plyometric training per week on fitness parameters in professional female soccer players: a randomized controlled trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(4), 1046-1052.
- Oranchuk, D. J., Robinson, T. L., Switaj, Z. J., & Drinkwater, E. J. (2019). Comparison of the hang high pull and loaded jump squat for the development of vertical jump and isometric force-time characteristics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(1), 17-24.
- Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñañiel, V., & González-Badillo, J. J. (2018). Determinant factors of physical performance and specific throwing in handball players of different ages. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(6), 1778-1786.
- Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(4), 443-450.
- Pereira, L. A., Nimphius, S., Kobal, R., Kitamura, K., Turisco, L. A., Orsi, R. C., Abad, C. C., & Loturco, I. (2018). Relationship between change of direction, speed, and power in male and female national olympic team handball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(10), 2987-2994.
- Petrzela, J., Papla, M., & Stastny, P. (2023). Conditioning strategies for improving handball throwing velocity: A systematic review and meta-analyses. *Journal of human kinetics*, 87, 189.

- Petružela, J., & Šťastný, P. (2023). *Influence of performance demands on the specific activities in youth handball players* NSCA Las Vegas Conference, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16067.99369>
- Picanco, L. M., Silva, J. J. R., & Del Vecchio, F. B. (2012). Relationship between strength and agility in futsal players/Relacao entre forza e agilidade avaliadas em jogadores de futsal. *Revista Brasileira de Futsal e Futebol*, 4(12), 77-87.
- Pori, P., Martinc, D., Šibila, M., & Štirn, I. (2023). The comparison of the unilateral and bilateral resistance training in young handball players. *Sport Sciences for Health*, 19(2), 691-700.
- Póvoas, S. C., Seabra, A. F., Ascensão, A. A., Magalhães, J., Soares, J. M., & Rebelo, A. N. (2012). Physical and physiological demands of elite team handball. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3365-3375.
- Radcliffe, J. (2024). *High-powered plyometrics*. Human kinetics.
- Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., & Gill, N. D. (2010). Transference of strength and power adaptation to sports performance—horizontal and vertical force production. *Strength & Conditioning Journal*, 32(4), 100-106.
- Rios, L. J. C., Cuevas-Aburto, J., Martínez-García, D., Ulloa-Díaz, D., Ramírez, O. A. A., Martín, I. M., & Ramos, A. G. (2021). Reliability of throwing velocity during non-specific and specific handball throwing tests. *International journal of sports medicine*, 42(09), 825-832.
- Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2017). Traditional vs. sport-specific vertical jump tests: reliability, validity, and relationship with the legs strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(1), 196-206.
- Ronglan, L. T., & Grydeland, J. (2006). The effects of changing the rules and reducing the court dimension on the relative strengths between game actions in top international beach volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(1), 1-12.
- Saal, C., Baumgart, C., Wegener, F., Ackermann, N., Sölter, F., & Hoppe, M. W. (2023). Physical match demands of four LIQUI-MOLY Handball-Bundesliga teams from

- 2019–2022: effects of season, team, match outcome, playing position, and halftime. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1183881.
- Sabido, R., Hernández–Davó, J. L., Botella, J., Navarro, A., & Tous-Fajardo, J. (2017). Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players. *European Journal of Sport Science*, 17(5), 530-538. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1291743>
- Santos, E. J., & Janeira, M. A. (2011). The effects of plyometric training followed by detraining and reduced training periods on explosive strength in adolescent male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 441-452.
- Sekulic, D., Spasic, M., Mirkov, D., Cavar, M., & Sattler, T. (2013). Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 802-811.
- Shrigiriwar, B. The Effect of Plyometric Training on Explosive Power and Speed of Handball Players. *Training*, 50(6.9), 0.19.
- Schlegel, P., & Krempa, O. (2025). *Silový trénink dětí* (1. edice ed.). Edu-fit.
- Spasic, M., Krolo, A., Zenic, N., Delextrat, A., & Sekulic, D. (2015). Reactive agility performance in handball; development and evaluation of a sport-specific measurement protocol. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 501.
- Spieszny, M., & Zubik, M. (2018). Modification of strength training programs in handball players and its influence on power during the competitive period. *Journal of human kinetics*, 63, 149.
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2205-2214.
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2415-2423.

- Stastny, P., Kolinger, D., Pisz, A., Wilk, M., Petruzela, J., & Krzysztofik, M. (2024). Effects of eccentric speed during front squat conditioning activity on post-activation performance enhancement of hip and thigh muscles. *Journal of Human Kinetics*, 91(Spec Issue), 5.
- Stone, M. H., Lamont, H., Carroll, K., & Stone, M. (2021). Developing strength and power. In *Strength and conditioning for sports performance* (pp. 248-275). Routledge.
- Suchomel, T. J., Comfort, P., & Lake, J. P. (2017). Enhancing the force-velocity profile of athletes using weightlifting derivatives. *Strength & Conditioning Journal*, 39(1), 10-20.
- Suchomel, T. J., McKeever, S. M., Sijuwade, O., Carpenter, L., McMahon, J. J., Loturco, I., & Comfort, P. (2019). The effect of load placement on the power production characteristics of three lower extremity jumping exercises. *Journal of human kinetics*, 68, 109.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, 46, 1419-1449.
- Swinton, P. A., Stewart, A. D., Lloyd, R., Agouris, I., & Keogh, J. W. (2012). Effect of load positioning on the kinematics and kinetics of weighted vertical jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4), 906-913.
- Szymanski, D. J. (2012). Effects of various resistance training methods on overhand throwing power athletes: A brief review. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 61-74.
- Taber, C., Bellon, C., Abbott, H., & Bingham, G. E. (2016). Roles of maximal strength and rate of force development in maximizing muscular power. *Strength & Conditioning Journal*, 38(1), 71-78.
- Tooth, C., Picot, B., Edouard, P., & Seil, R. (2024). Injuries in Handball. 13, —. <https://journal.aspetar.com/en/archive/volume-13-targeted-topic-sports-medicine-in-handball/injuries-in-handball>
- Torabi, T. P. (2025). Comparisons of clinical and biomechanical assessments within elite handball players playing with previous, current, and non-symptomatic shoulder pain. What is relevant?

- Tůma, M., & Tkadlec, J. (2010). Házená: herní trénink, průpravná a herní cvičení, kondiční trénink, plážová házená. *Grada. isbn*, 978-980.
- Vila, H., & Ferragut, C. (2019). Throwing speed in team handball: a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 724-736. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1663074>
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & Von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball: A review. *Journal of sports science & medicine*, 13(4), 808.
- Wagner, H., & Hinz, M. (2023). The relationship between specific game-based and general performance in young adult elite male team handball players. *Applied Sciences*, 13(5), 2756.
- Wagner, H., Sperl, B., Bell, J. W., & Von Duvillard, S. P. (2019). Testing specific physical performance in male team handball players and the relationship to general tests in team sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(4), 1056-1064.
- Willardson, J. M. (2024). Core anatomy and biomechanics. *Developing the Core*, 1.
- Zapartidis, I., Gouvali, M., Bayios, I., & Boudolos, K. (2007). Throwing effectiveness and rotational strength of the shoulder in team handball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(2), 169.
- Zatsiorsky, V. M., Kraemer, W. J., & Fry, A. C. (2020). *Science and practice of strength training*. Human kinetics.

14 Seznam obrázků, tabulek a grafů

14.1 Seznam obrázků

Obrázek 1.: Faktory determinující herní výkon v házené. Přeloženo ze studie Wagner, Finkenzeller, a kol., (2014)

Obrázek 2.: Struktura sportovního výkonu. Přeloženo z knihy „Periodization: Theory and methodology of training (Bompa & Haff, 2009)

Obrázek 3.: Pozice házenkáře v trojrozměrném modelu (Laursen & Buchheit, 2019)

Obrázek 4.: Vysoce intenzivní výkon v házené dle jednotlivých pozic (Karcher & Buchheit, 2014)

Obrázek 5.: Průměrná vzdálenost uražená za minutu ve hře v házené. (Karcher & Font Ribas, 2024)

Obrázek 6.: Detailní přehled o vnější zátěži hráčů na různých pozicích v rámci utkání. (Karcher & Font Ribas, 2024)

Obrázek 7.: Rychlostně-silová křivka (vlastní provedení)

Obrázek 8.: Silově-rychlostní křivka pro účely vzpírání od Suchomela a kol. (Suchomel et al., 2017)

Obrázek 9.: Celkový výčet nalezených testů (Brabec, 2024)

Obrázek 10.: Průběh 18-týdenního intervenčního programu

Obrázek 11.: Průběh testování

14.2 Seznam tabulek

Tabulka 1.: Klasifikace motorických testů dle přenositelnosti do herního výkonu

Tabulka 2.: Charakteristika výzkumného souboru

Tabulka 3.: Bilaterální–Vertikální trénink

Tabulka 4.: Unilaterální-Horizontální trénink

Tabulka 5.: Celkové výsledky skupinové analýzy agregovaných dat

Tabulka 6.: Celkové výsledky faktoriální časově specifické analýzy

14.3 Seznam grafů

Graf 1: Výsledky skoku do dálky z místa z obou nohou

Graf 2: Výsledky skoku do dálky z místa z levé nohy

Graf 3: Výsledky skoku do dálky z místa z pravé nohy

Graf 4: Výsledky výskoku s protipohybem

Graf 5: Výsledky extracelulární vody

Graf 6: Výsledky intracelulární vody

Graf 7: Výsledky izometrického tahu od poloviny stehen

Graf 8: Výsledky izokinetické síly při rychlosti 60°/s

Graf 9: Výsledky izokinetické síly při rychlosti 180°/s

Graf10: Výsledky rychlosti na 10 m

Graf11: Výsledky rychlosti na 30 m

Graf 12: Výsledky hodů ze tří kroků

Graf 13: Výsledky T-Test

Graf 14.: Výsledky pre-post skoku do dálky z místa z obou nohou

Graf 15.: Výsledky pre-post skoku do dálky z místa z levé nohy

Graf 16.: Výsledky pre-post skoku do dálky z místa z pravé nohy

Graf 17.: Výsledky pre-post výskoku s protipohybem

Graf 18.: Výsledky pre-post izometrického tahu od poloviny stehén

Graf 19.: Výsledky pre-post izokinetické síly při rychlostech 60°/s a 180°/s

Graf 20.: Výsledky pre-post rychlosti na 10 m

Graf 21.: Výsledky pre-post Výsledky rychlosti na 30 m

Graf 22.: Výsledky pre-post hodů ze tří kroků

Graf 23.: Výsledky pre-post T-TEST

15 Přílohy

15.1 Vyjádření etické komise

15.2 Informovaný souhlas

15.3 Tabulka 2.: Charakteristika výzkumného souboru

Proband	Věk	Výška	Váha
1	17,33	176	75
2	17,04	192	81,1
3	17,61	179	76,3
4	17,16	181	83,9
5	16,91	181	78,6
6	17,25	192	87,9
7	17	194	76,5
8	17,28	179,1	68,3
9	17,81	176	72,7
10	17,11	173	69
11	17,43	175	61,5
12	17,63	171	53,9
13	16,68	172	58,1
14	16,79	186	71,4
15	16,23	171	58,5
16	16,36	175	87,6
17	15,99	172	62,5
18	16,44	190	71,5
19	16,26	163	43,7
20	16,1	183	83,6
21	16,66	189	79,7
22	16,41	178	60,8
23	16,7	179	75,6
24	16,27	187	75,5
25	16,46	188	67,5
26	16,84	179	74,3
27	16,33	178	77
28	16,68	182	72,8
29	16,27	175	63,3

30	16,19	196	76,4
31	16,35	172	61,1