

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**DISERTAČNÍ
PRÁCE**

Mgr. Mikuláš Hank

2020

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Analýza herního zatížení ve
sportovních hrách na příkladu
volejbalu**

Obor
Kinantropologie

Pracoviště
Laboratoř sportovní motoriky

Vedoucí disertační práce:
Prof. Ing. František Zahálka, Ph.D.

Konzultant disertační práce
PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.

Vypracoval: Mgr. Mikuláš Hank

Praha 2020

Prohlašuji, že tato disertační práce byla vypracována mnou pod vedením vedoucího práce Prof. Ing. Františka Zahálky, Ph.D. a konzultanta práce PaedDr. Tomáše Malého, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem na konci této práce zaznamenal veškeré použité reference literatury.

V P r a z e d n e

.....

Mgr. Mikuláš Hank

Poděkování

Tato disertační práce je závěrem jedné dekády studia, která měla počátek v roce 2009 na půdě Univerzity Karlovy. Fakulta tělesné výchovy a sportu byla pro mě roky domovem a lidi, které jsem na ní poznal se staly mojí rodinou. Za celé období studia bych se rád srdečně poděkoval obzvláště několika konkrétním lidem.

Prof. Ing. Františkovi Zahálkovi, Ph.D., vysokoškolskému profesorovi a vědci, vedoucímu a kolegovi, kterému patří můj věčný a vděčný respekt. Svoji snahou vždy demonstroval pracovitost a profesionalitu, která nám z jeho osoby vždy šla příkladem. Jsem vděčný, za naše každodenní setkání a sdílení vědomostí, nálad a humoru.

PaedDr. Tomášovi Malému, Ph.D., za dlouholetou podporu a předávání životních a odborných poznatků. Naše přátelství počalo rokem 2003, kde jsem se stal jeho sportovním svěřencem. Jako kondiční trenér prešovského volejbalového družstva nás vedl vždy tím nejvíce odborným a profesionálním směrem. Později, v letech rozhodování o studiu na vysoké škole jsem zvolil cestu, kterou krácel on a přihlásil jsem se na studium, které mě učilo o pohybu lidského těla a možnostech, jak správně pomáhat v rozvoji podobným sportovcům, jakými jsem kdysi býval já.

Mgr. Davidovi Bujnovskému, Ph.D., za denní spolupráci a důvěrný přátelský vztah a podporu.

Mgr. Pavlovi Šiškoví, Ph.D., který mi byl starším bratrem a mentorem v době jeho pozdního studijního života v Praze a působení na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy.

Ing. Davidovi Novotnému, DPhil., příteli a kolegovi ve sportovním, osobním a taky vědeckém životě od počátku mých prvních dnů v České republice až do přítomnosti.

Děkuji svému otci Ing. Štefanovi Hankovi, za vždy pozitivní podporu, kterou jsem v rocích na vysoké škole určitě potřeboval.

Děkuji své sestře Mgr. Kataríne Hankovej, za upřímnou a nikdy nekončící lásku a pomoc.

Abstrakt

Cílem této disertační práce bylo evaluovat a statisticky komparovat údaje distance pohybu a herního zatížení vzhledem k hráčským specializacím (postům) hráčů a vzhledem k výsledku rozeher. Analýza využila metodu 3D kinematické analýzy video záznamu oficiálního utkání play-off ligy mistrů v elitní ženské kategorii. Přesnost 3D rekonstrukce byla vypočtena v úrovni 0,0296 m (0,3 % ze snímaného prostoru). Celkem bylo evaluováno 14 hráček (věk = 25 ± 6 roku; výška = $182,3 \pm 6,2$ cm; hmotnost = $72,1 \pm 5,8$ kg) v celkem 4 setech. 85 % všech rozeher mělo trvání do 12,4 s a 95 % trvalo do 18 s. Průměrná délka trvání roze hry dosahovala $7,76 \pm 5,1$ s. V rozsahu 0,7 m až 2 m bylo provedeno $91,8 \pm 1,3$ % úseků distance pohybu nad 0,7 m. V rozsahu 0 m až 0,7 m dosáhl post smečář 60,5 % z celkové distance pohybu. U blokaře to bylo 59,8 %, nahrávač dosáhl 54,1 %, univerzál dosáhl 62,1 % a libero 57,9 %. Nejvyšší poměr pohybu dosáhl post smečář pro směr vpřed (35,8 %). Nejvyšší distanci pohybu dosáhl post nahrávač (1648 m). Hráči dosahovali 50% hodnoty rychlosti od 1,32 m/s směrem vzad u postů blokař a nahrávač, až po maximální rychlost v q50 pro post nahrávač s hodnotou 2,09 m/s a blokař s 2,08 m/s. Deskriptivní statistika celkem 997 distancí evaluovala, že 85 % všech rozeher mělo celkové herní zatížení do 417,5 a 95 % dosahovalo celkové herní zatížení do 654,1. Průměrná hodnota celkového herního zatížení dosahovala pro roze hry $252,2 \pm 188,9$. Analýza neprokázala sig. rozdíl mezi distancemi pohybu jednotlivých postů ($p = 0,7151$). Analýza prokázala sig. rozdíl mezi intenzitami herního zatížení pohybu ($p < 2,2e-16$). Analýza prokázala sig. rozdíl mezi celkovým herním zatížením pohybu jednotlivých postů ($p = 0,004919$). Analýza prokázala sig. rozdíl mezi 554 analyzovanými celkovými herními zatíženími pohybu hráčů ve vyhraných nebo prohraných roze hrách ($t = 2,2774$, $df = 990,3$, $p = 0,02298$), ale výsledek neprokázal střední velikost účinku ($d = 0,12$). Jedním z nejdůležitějších zjištění této práce bylo, že každý z postů dosáhnul 60 % z celkové distance pohybu za utkání v úsecích o rozsahu 0 až 0,7 m. Velmi důležitým zjištěním v této studii bylo, že explozivní herní zatížení (ve zrychlení nad $3,5 \text{ m/s}^2$) tvořilo až 77,4 % z celkového herního zatížení. Limitem této studie byla omezená velikost vzorku a velký, časově náročný proces zpracování dat. Pro další analýzu zatížení a možnou objektivizaci doporučujeme analyzovat vyšší počet elitních utkání a hráčů, analyzovat a komparovat utkání z hlediska různých pohlaví, různé úrovně utkání a různých věkových kategorií.

Klíčové slova: 3D kinematická analýza pohybu, externí zatížení, analýza výkonu, analýza utkání, herní analýza, pohyb

Abstract

The aim of this dissertation was to evaluate and statistically compare the data of the distance of movement and player load (PL) with respect to the player specializations and with respect to the result of rallies. The analysis used the method of 3D kinematic motion analysis of a video recording of the official play-off match in the elite women's category. 3D reconstruction accuracy was calculated with a standard deviation of 0.0296 m (0.3%). A total of 14 players were evaluated (age = 25 ± 6 years; height = 182.3 ± 6.2 cm; weight = 72.1 ± 5.8 kg) in a total of 4 sets. 85% of all rallies lasted up to 12.4 s and 95% lasted up to 18 s. The average duration of the rally reached 7.76 ± 5.1 s. In the range of 0.7 m to 2 m was performed 91.8 ± 1.3 % of distance of movement over 0.7 m. In the range of 0 m to 0.7 m, the specialization spiker reached 60.5% of the total distance of movement. For blocker it was 59.8%, setter reached 54.1%, Opposite reached 62.1% and libero 57.9%. The highest ratio of movement was reached by the spiker for the forward direction (35.8%). The highest distance of movement was reached by the setter (1648 m). Players reached at 50 % speed value from 1.32 m/s in the backward direction for the blocker and setter, up to the maximum speed at 50 % for the setter with a value of 2.09 m/s and a blocker with 2.08 m/s. Descriptive statistics of a total of 997 distances evaluated that 85% of all games had a total PL up to 417.5 and 95% reached up to 654.1. The average value of PL was 252.2 ± 188.9 for the start. The analysis did not show sig. difference between the distances of movement of individual specializations ($p = 0.7151$). The analysis showed sig. difference between all PL intensities ($p < 2.2e-16$). The analysis showed sig. the difference between the total PL of the movement of individual specializations ($p = 0.004919$). The analysis showed sig. the difference between the 554 analysed total PL of players' movement in won or lost games ($t = 2.2774$, $df = 990.3$, $p = 0.02298$), but the result did show small effect size ($d = 0.12$). One of the most important findings of this work was that each of the posts reached 60% of the total distance of movement during the match in sections ranging from 0 to 0.7 m. A very important finding in this study was that the explosive game load (at accelerations above 3.5 m/s^2) accounted for up to 77.4% of the total PL. The limitations of this study were the limited sample size and the large, time-consuming data processing. For further load analysis and possible objectification, we recommend analysing a higher number of elite matches and players, analysing and comparing matches in terms of different genders, different levels of matches and different age categories.

Key words: 3D motion kinematic analysis, external load, performance analysis, match analysis, game analysis, motion

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením této disertační práce ke studijním a publikačním účelům.

Svým podpisem vypůjčovatel souhlasí, že tuto práci použije ke studiu a prohlašuje, že bude uvedena mezi referenční literaturou.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

OBSAH

KAPITOLA 1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY	12
KAPITOLA 2. TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE	15
2.1 SPORTOVNÍ HRY	15
2.1.1 Sportovní hra volejbal.....	15
2.1.2 Hráčské specializace neboli „posty“ ve volejbale	17
2.2 KINEMATICKÁ ANALÝZA POHYBU	19
2.2.1 Kinematická analýza ve volejbale.....	22
2.3 HERNÍ ZATÍŽENÍ HRÁČE VE SPORTOVNÍCH HRÁCH	25
2.3.1 Herní zatížení ve volejbale	32
KAPITOLA 3. OTÁZKY, CÍLE, HYPOTÉZY	35
3.1 VĚDECKÉ OTÁZKY PRÁCE.....	35
3.2 CÍLE PRÁCE	35
3.3 HYPOTÉZY PRÁCE	35
KAPITOLA 4. METODY PRÁCE	37
4.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU	37
4.2 ORGANIZACE VÝZKUMU.....	37
4.2.1 Kinematická analýza pohybu.....	38
4.2.2 Herní zatížení hráče	42
4.2.3 Statistické zpracování dat	43
KAPITOLA 5. VÝSLEDKY PRÁCE.....	44
5.1 ANALÝZA HORIZONTÁLNÍHO POHYBU V OSE X A Z	46
5.1.1 Analýza směru pohybu.....	49
5.2 ANALÝZA RYCHLOSTI POHYBU	54
5.3 ANALÝZA HERNÍHO ZATÍŽENÍ	59
5.3.1 Celkové herní zatížení ve všech třech rovinách X, Y, Z.....	59
5.3.2 Celkové herní zatížení v horizontální rovině X, Z.....	65
5.3.3 Celkové herní zatížení ve vertikální rovině Y.....	66

5.3.4	Explozivní herní zatížení ve vertikální rovině Y	67
5.3.5	Analýza herního zatížení v závislosti na výsledku roze hry	68
KAPITOLA 6. DISKUZE PRÁCE		69
6.1	DISKUSE K VÝSLEDKOVÉ ČÁSTI DISTANCE POHYBU	70
6.2	DISKUSE K VÝSLEDKOVÉ ČÁSTI SMĚRU POHYBU	77
6.3	DISKUSE K VÝSLEDKOVÉ ČÁSTI RYCHLOSTI POHYBU	80
6.4	DISKUSE K VÝSLEDKOVÉ ČÁSTI HERNÍHO ZATÍŽENÍ	83
6.5	DISKUSE K VÝSLEDKOVÉ ČÁSTI VÝSLEDKU ROZE HRY	85
KAPITOLA 7. ZÁVĚR PRÁCE		87
7.1	ZÁVĚREČNÉ SHRUTÍ VÝSLEDKŮ PRÁCE	88
KAPITOLA 8. PRAKTICKÁ APLIKACE		90
REFERENCE		91
SEZNAM OBRÁZKŮ		111
SEZNAM TABULEK		116

KAPITOLA 1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

„Pohyb je život, ...činnost živého těla, která je nezbytná pro udržení zdraví, ...ale nedostatek anebo přebytek pohybu je pro tělo velmi škodlivé“

- Diderot et d'Alembert (1970)

Fyzický pohyb v kontextu sportu a cvičení je stresorem, který vyvolává fyziologické a psychologické reakce a konsekventně adaptaci buněčných a orgánových systémů lidského organismu. Impellizzeri et al. (2019) dále zdůrazňuje, že jestli chtějí trenéři a vědci tyto adaptivní změny co nejvíce progresivně ovlivnit, musí úroveň těchto stresorů ve formě tréninkového nebo herního zatížení na hráče kontrolovat a aplikovat na individuální úrovni.

Tréninková strategie musí být optimalizována podle specifických interních a externích nároků utkání, které klade sportovní hra na hráče a jednotlivé hráčské specializace dané sportovní hry (Bartlett et al., 2017; Brughelli et al., 2008; Gómez-Carmona et al., 2019; Halson, 2014; Impellizzeri et al., 2019; Jaspers et al., 2018; Lehnert et al., 2008; Sweeting et al., 2017; Van Hooren & Bosch, 2016; Weaving et al., 2014).

Vědecký problém této disertační práce je namířen na kvantitativní evaluaci a kvalitativní analýzu externího herního zatížení hráčů v oficiálním volejbalovém utkání. Tato nutnost co možná nejpřesnější kvantifikaci zatížení v utkání je podle Vlantés & Readdy (2017) nepopíratelná v udržování fyzického zdraví volejbalových hráčů. Pro evaluaci pozičních dat a následné kalkulaci zrychlení pohybu byla zvolená kinematická 3D video analýza.

Hledání rovnováhy mezi úrovní pohybu, která podporuje regeneraci a zkvalitňování svalového tkaniva a úrovní, která ji může poranit – to je hlavním cílem evaluace té optimální úrovně pohybové aktivity (Oatis, 2009). Pro elitního sportovce to představuje dvě roviny – zdravotní a výkonnostní. Specifický pohybový projev totiž tvoří jejich denní pracovní náplň a jako každý z dlouhodobých režimů (elitní sportovec dosáhne za jeden týdenní makro-cyklus od 16 do 30 hodin tréninku), zvyšuje potenciál pro vznik zranění a svým stereotypem fatálně ovlivňuje muskuloskeletální a nervosvalový systém subjektu.

- Identifikace optimální úrovně pohybové aktivity pro každou specifickou sportovní hru a v ní obsaženou hráčskou specializaci je posláním vědeckého bádání.

Detailní, téměř atomická analýza prvků pohybu je pomocí dnešní technologií dostupnou prioritou pro elitní sport. Porozumění problematiky musí začít podle Chèze

(2014) observací daného fenoménu a o kvantifikaci toho „jak a kolik se člověk hýbe“ nám referuje kinematická analýza lidského pohybu.

Sport v kontextu fyzické práce a pohybu spadá v případě disharmonického rozložení interního a externího objemu v kombinaci s věkem a úrovní připravenosti do zóny nebezpečí, která zvyšuje riziko akutního zranění nebo chronických zdravotních potíží (Chèze, 2014). Volejbal je jedním z nejvíce populárních sportů ve světě a jeho počátky sahají více než sto let do minulosti. Poznatky byli od této doby značně rozšířené výzkumem, ale podle Silva et al. (2016) stále existují určité nesrovnalosti v oblasti techniky, fyziologie, nutriční a také psychologie. Specifická strategie, intenzita, objem a periodizace tréninku se ve sportovních hrách musí tedy odrážet od reálných podmínek v utkání (Silva et al., 2016). Diagnostika exaktních externích a interních podmínek je právě faktorem pro evaluaci adaptačních a fyziologických předpokladů. Nové bádání musí podpořit vědomosti o úrovni zatížení přímo v utkáních sportovních her. Téma pro monitoring výkonu ve volejbale pomocí analýzy utkání byla cílem mnoha studií (Hank et al., 2015, 2016, 2019; Sanders et al., 2018; Silva et al., 2016A, 2016 B; McGarry et al., 2013, O'Donoghue & Holmes, 2015; Vlantés & Readdy, 2017).

Volejbal klade vysoké nároky na motorické dovednosti a fyzické schopnosti. Práce má za úkol odpovědět na otázky, zdali existují rozdíly v herním zatížení hráčů v závislosti na jejich hráčské specializaci, podle postavení ve hře (stojí-li hráč v přední nebo zadní zóně), typu zahájení roze hry (jako je příjem anebo podání soupeře) anebo úspěšnosti roze hry (získá anebo ztratí analyzované družstvo bod). Pro tento typ evaluace v oficiálních podmínkách utkání sportovních her, v našem případě elitního volejbalu, jsme zvolili kinematickou analýzu pohybu. Časo-prostorová analýza pohybu má za úkol evaluaci externích charakteristik motorického projevu jednotlivých hráčských pozic. Ve volejbale odhaluje důležité, a hlavně reálné rozdíly v požadavcích na hru a snaží se tak vědecky podložit detailní informace o charakteru každé hráčské pozice.

Fyzické požadavky a herní zatížení utkání musí být na elitní úrovni determinováno s co nejvyšší přesností (Silva et al., 2016).

Je to silově-dynamický sport, který obsahuje krátké, vysoko-intenzivní roze hry s krátkými přestávkami, ve kterém hraje značný úkol genetická predispozice somatotypu, a dále konzistence a diferenciací typů svalových vláken (Zary et al., 2010). Rychlostní předpoklady jsou silně geneticky determinovanými složkami výkonu (Sawczuk et al., 2011). Přes vrozené predispozice, vědecky podložené specifické tréninkové metody mají za cíl optimálně, a hlavně efektivně rozvíjet zdravý hráčský potenciál. Konáme tak z důvodu snižování rizika zranění (primární nebo sekundární rezistence vůči zranění) a protipól tvoří progres ve specifické výkonnosti (specifické fyzické připravenosti). "

Somatotyp hráčů je často přisuzován faktoru, který ovlivňuje samotný výkon, ale **systematický a odborný trénink je kritický a ničím nenahraditelný**, jak pro rozvoj talentu, tak pro udržení dlouhodobé elitní výkonnosti (Bompa & Buzzichelli, 2015; Reeser & Bahr, 2017; Turner, 2018).

Reliabilní technologie nositelných modulů (akcelerometr s polohovým systémem GPS) pro záznam akcelerace a pozice je v poslední době na vzestupu, navzdory své vysoké finanční náročnosti. Vlantes & Readdy (2017) konstatuje, že jejich využívání změnilo způsoby kvantifikace sportovních nároků ve sportovních hrách. Reálně se uplatňují hlavně ve sportech jako je fotbal, americký fotbal a taky rugby. Limit GPS modulů vidí studie ve sportech, které se odehrávají ve vnitřních prostorech a proto zdůrazňuje, že studií zabývajících se sporty uvnitř je málo. Naopak, studií, které využívají jenom údaje pomocí akcelerometru je poměrně více a výsledky externího zatížení jsou ne vždy dostatečně přesné. Konkrétně studie pro kvantifikaci a analýzu externího zatížení v oficiálním elitním volejbalovém utkání pomocí akcelerometrů nebyli do této doby provedeny (Vlantes & Readdy, 2017).

Hlavním důvodem je nemožnost nošení akcelerometru nebo GPS modulů po dobu oficiálního utkání elitních soutěží ve volejbale. Zpětné zpracování (anglicky „post-processing“) video záznamu je proto východiskovou metodou, pro evaluaci pozičních dat. Tato metoda kvantifikace zatížení a pozičních údajů je ve sportovních hrách značně využívána a vzácná (Hank et al., 2016; Chen et al., 2012; Li et al., 2017; Sheppard et al., 2009; Oliveira et al., 2020; Vlantes & Readdy, 2017; Wnorowski et al., 2013; Zahalka et al., 2017). Optometrická metoda má určité kvalitativní výhody vůči metodě sběru dat pomocí nositelného modulu. Přináší možnost analyzovat jakýkoli utkání ve dvou-rozměrném (2D) nebo troj-rozměrném (3D) prostoru a taky individualizovat nebo zpětně vybrat segmenty pro analýzu, které jsou zachycené na obrazu. Nevýhodou je poměrně složitá kalibrace prostoru a kamer, zpracování a samotné stopování objektů (anglicky „tracking“). Klademe si tedy otázku, jak velké je externí herní zatížení elitních volejbalových hráčků v oficiálním utkání reprezentováno objemem rychlosti pohybu jednotlivých hráčských specializací?

- Kritériem této práce bylo zvolit vhodnou metodu, která umožní analyzovat pohyb hráčků v oficiálním utkání elitních volejbalistů ve všech třech rovinách.
- Cílem této studie bylo kvantifikovat, evaluovat, vypočítat a komparovat externí zatížení elitních volejbalových hráčků, reprezentováno koeficientem „*herního zatížení*“ ve všech třech rovinách pohybu během utkání Ligy mistrů žen (CEV *Champions League*).

KAPITOLA 2. TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE

2.1 SPORTOVNÍ HRY

Sportovní hra je podle publikace Táborský (2005) soutěživá činnost mezi dvěma soupeři. Slučuje jich jednotný prostor, čas a pravidla dané hry. Podle specificky vymezených pravidel se snaží (v daném časovém úseku nebo v rámci bodování) prokázat vyšší kvality v ovládnání společného předmětu (většinou se jedná o druh míče). Sportovní hry dělíme podle sdílení společného hřiště na invazní (hokej, fotbal, házená) a neinvazní (tenis, volejbal, badminton). Podle počtu hráčů jich dělíme na individuální (tenis), párové (čtyřhra v tenise) a týmové (fotbal, volejbal). Poslední hledisko podle Táborský (2005) je způsob pohybu. Většina sportovních her umožňuje přirozený pohyb bez pomocných prostředků, ale například hokej využívá tzv. výbroje, dále můžou sportovní hry využívat živé dopravní prostředky (koně), nebo neživé (kolo, kajak).

Tyto hry nacházejí široké uplatnění v rekreaci, ale také v profesionálním životě. Dimenze sportovních her zaměstnává sta-tisíce lidí na celém světě od organizačních struktur, vědy, metodologie, technického zabezpečení, tréninkového systému až po samotné elitní hráče. Studie Allen & Hopkins (2015) poukazuje, že věkový rozsah elitních sportovců se neliší jenom v závislosti na typu sportu, ale taky na délce trvání disciplíny. V závislosti na délce trvání disciplíny, vrcholové výkony v explozivních sportech dosahují hráči bez ohledu na pohlaví kolem 27. roku při trvání do 2 s, ale kolem 22. roku při trvání do 500 s. Ve vytrvalostních soutěžích a taky sportovních hrách, kde převládá komplex explozivní síly, vytrvalosti a taky specifické pohybové dovednosti (anglicky „skill“), je tento poměr obrácený. Studie naznačuje, že explozivní projev pohybu je dominantnější s mladším věkem, ale kvalitativní aspekt pohybu se zkušenostmi a věkem pravděpodobně zvyšuje.

2.1.1 Sportovní hra volejbal

Volejbal je neinvazní sportovní míčová hra, ve které dvě družstva po 6 hráčích odděluje uprostřed hřiště síť, která má u mužů výšku 2,43 m a u žen 2,24 m. Rozměry celého hřiště jsou podle oficiálních pravidel 9 m x 18 m. Hra není časově omezená, ale podle pravidel se ukončuje po dosažení 3 vyhraných setů v utkání. Pro výhru jednoho setu musí jedno ze družstev jako první dosáhnout daný počet bodů (25; s podmínkou rozdílu dvou bodů). Rozborem pravidel volejbalu se v této práci nebudeme zabývat, hráče volejbalu budeme kvalitativně hodnotit z hlediska kvantifikace motorického projevu.

Jako v řadě jiných sportovních her, i ve volejbale rozlišujeme jednotlivé herní kombinace na tři základní druhy: Ofenzivní, Defenzivní a Přípravné.

Specifické motorické činnosti hráčů ve hře volejbal kategorizujeme na (Palao et al., 2009; Haník & Lehnert, 2004; Haník & Vlach, 2008) na:

A – Herní činnosti s míčem:

- **Podání (servis):** Odbití míče do herního hřiště protějščího soupeře. Musí plnit daná pravidla. Tato činnost vždy zahajuje každou rozehru a dosahuje různých intenzit. Míč může dosáhnout rychlosti nad 100 km/h (Ciuffarella et al., 2013).
- **Příjem podání:** Je to první dotyk družstva po podání od soupeře (Lee, 2010).
- **Nahrávání:** Nahrávání je jednou z neobtížnějších herních činností, většinou se jedná o druhé odbití v rozehře a má za cíl odbít míč do co nejvíce efektivní pozice pro třetí, útočné odbití (Nikos et al., 2009).
- **Útok:** Jde převážně o ofenzivní, třetí dotyk v rozehře. Jedná se o dynamický úder horní končetinou do míče tak, aby přeletěl na stranu soupeře. Hráči ho vykonávají převážně v kulminačním bodě maximálního vertikálního výskoku a úder se snaží docílit v co možná nevyšší výšce u sítě z předních nebo zadních zón. Snaží se takto v souladu s pravidly udělit soupeři bod (dotyk míče hrací plochy soupeře, chyba soupeře, odraz míče od bloku soupeře mimo vlastní hrací plochu) (Nikos et al., 2009; Wagner et al., 2009).
- **Vybírání (obránná činnost):** Jedná se o defenzivní činnosti hráčů, kteří se snaží po útoku soupeře, prvním dotykem v rozehře, zabránit dotyku míče s vlastní hrací plochou a zahájit tak svojí ofenzivní kombinaci (Ho et al., 2019).
- **Blok:** Specifický druh taktické činnosti, jedná se o vertikální výskok se vzpažením za cílem zabránit přechodu míče ze strany soupeře po útoku, nebo donutit soupeře o útok určitým směrem v rámci pravidel (Ficklin et al., 2014).

B – Herní činnosti bez míče

- **Na místě:** hráč stojí ve střehovém postavení.
- **Herní lokomoce:** hráč se přemísťuje po hřišti.

Všechny tyto činnosti spolupracují v komplexu dvou aspektů:

- Kvalitativní (technické) provedení pohybu, volba vhodné techniky.
- Taktické provedení, z hlediska herní strategie.

2.1.2 Hráčské specializace neboli „posty“ ve volejbale

Publikace Waite (2009) kategorizuje a popisuje individuální hráčské specializace (posty) následovně:

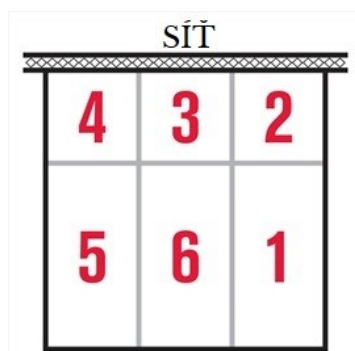
- **Nahrávač:** Jeho specializací je nahrávání. Potřebuje mít konzistentní a velmi vysokou úroveň nahrávačských dovedností odbití obouruč shora a zdola. Musí mít taky touhu zapojovat se do každé roze hry a vést taktiku útoku. Měl by být schopen rychle analyzovat situace a být schopen okamžitých rozhodnutí ve prospěch družstva. Musí být schopen pravidelně komunikovat se spoluhráči a do vedení všech hráčů zároveň přinášet silnou mentalitu. Neustále střídá svoji hráčskou pozici z důvodu nahrávky nebo obrany. Hraje převážně v zónách 1, nebo 2 (Obrázek 1).
- **Libero:** Musí mít obranné schopnosti na velmi vysoké úrovni, protože jeho hlavní zodpovědností je zahájit ofenzivu. Měl by být dynamický, až agresivní v kontrole zadních zón hřiště. Často má na starosti sdělování defenzivních informací spoluhráčům. Musí mít odhodlání pro vybírání velmi agresivních útoků (rychlost letu míče až nad 100 km/h; Cloes et al., 2004) od soupeře. Pohybuje se v zadní zóně, nejčastěji v zóně 5 (Obrázek 1). Hráči tohoto postu většinou dosahují nejnižší tělesné výšky ve družstvu.
- **Smečar:** Jeho specializací je útok. Musí být fyzicky připraven nést velké herní zatížení v rámci počtu vertikálních výskoků (skoro 500 výskoků za trénink; Charlton et al., 2017). Je aktivní v zóně 4, nebo v zadní zóně 6 (Obrázek 1). Měl by být schopen setrvat ve vysokém psychickém a fyzickém výkonu i přes obtížné taktické situace. Jedná se o nejvíce všestranný post, podílí se taky na příjmu podání, blokování a obranné činnosti.
- **Univerzál:** Mimo agresivního a stabilního útoku by měl mít taky vysokou úroveň blokování. Často působí v zóně 2 (Obrázek 1) a přímo tak čelí útočníkům soupeře. Je plně aktivní v útoku ze zóny 2, ale taky ze zadní zóny 1 (Marcelino et al., 2009).
- **Blokař:** Většinou nejvyšší hráči ve družstvu, proto musí dbát od mladého věku na rozvoj motorických schopností. Soustředí se na ofenzivní činnost těsně u sítě. Jeho specializací je blokování útoku soupeře. Musí mít velmi dobré reakční schopnosti a taky vysokou úroveň reakční rychlosti a periferního vidění, aby se dokázal efektivně a včas přemístit na místo útoku soupeře. Je aktivní v útoku v zóně 3, 2 nebo 4 (Obrázek 1) a často provádí rozběh se simulací útoku, aby zmátl soupeře.

Charakteristiku somatotypů jednotlivých hráčských specializací, postů elitních hráčů volejbalu přináší studie Palao et al. (2012). Sumarizuje průměrné hodnoty výšky a váhy, pro mužské a ženské hráčky na elitní úrovni. Taky kategorizuje funkce a odpovědnosti individuálních hráčských specializací ve volejbalovém utkání. Do následující tabulky jsme doplnili taktickou zónu ve volejbalovém hřišti pro každou specializaci. Zóny jsou znázorněny na Obrázku 1.

Tabulka 1: Funkce hráček ve volejbale v závislosti na jejich hráčské specializaci (postu) spolu s doporučenou průměrnou výškou a váhou podle Palao et al. (2012).

Pozice	Taktická zóna (přední/zadní)	Dominantní akce	Průměrná výška (m)	Průměrná Váha (kg)
Smečář	4/6	Příjem podání, smeč, blok, obrana v poli	1,86 ± 0,60	73,40 ± 6,70
Nahrávač	2/1	Nahrávání, blok, obrana v poli	1,77 ± 0,10	67,90 ± 6,00
Libero	5/x	Příjem podání, obrana v poli	1,72 ± 0,10	64,40 ± 8,10
Univerzál	2/1	Smeč, blok	1,89 ± 0,10	73,30 ± 5,80
Blokař	3/5	Smeč, blok	1,88 ± 0,04	74,40 ± 6,00

Legenda: m = metr, kg = kilogram



Obrázek 1: Individuální zóny pro postavení hráčů ve volejbalovém hřišti.

Výzkum elitního volejbalu z pohledu následujících aktuální problematiky:

- *Biomechanické aspekty* (Coleman, 2017; Chen et al., 2011; Kapidžic et al., 2014; Lobietti, 2009; Seminati et al., 2015) ; Zahalka et al., 2017).
- *Sledování hráčů a míče* (Gomez et al., 2014; Hank et al., 2016; Chen et al., 2012; Li et al., 2017).
- *Analýza utkání* (Häyrinen et al. , 2011; Silva et al., 2016).
- *Herní zatížení* (Vlantes & Readdy, 2017; Lehnert et al., 2008; Skazalski et al., 2018; Clemente et al., 2019, 2020; García-de-Alcaraz et al., 2020).
- *Účinek programů kondičních tréninků* (Lehnert et al., 2009; Newton et al., 1999; Junior, 2019).
- *Morfologické aspekty* (Mala et al., 2010, 2015; Petroski et al., 2013; Wang et al., 2001).
- *Proces rozhodování* (Schläppi-Lienhard & Hossnern, 2015).

2.2 KINEMATICKÁ ANALÝZA POHYBU

„...věda o mechanice je tak ušlechtilá a užitečná ve srovnání se všemi ostatními vědami, protože se všechny živé organismy podle těchto zákonů musí pohybovat“

Leonardo da Vinci, (1452–1519)

Biomechanická analýza je velmi silným nástrojem pro evaluaci pohybové funkce a za posledních 20 let se stala široce používaným nástrojem a postupem v kvalitativní a kvantitativní evaluaci pohybu (Janura & Zahálka, 2004). Sportovní věda, sportovní medicína, rehabilitace a elitní trénink jsou všechno obory využívající analýzu pohybu do nejmenšího detailu.

Cílem dnešní analýzy pohybu je odborná reprodukce a reinterpretace pohybu tělesa (lidského těla a jeho částí) z reálného do virtuálního prostoru a směřuje od popisu k porozumění a výkladu. Technologie indikace, záznamu a reinterpretace trajektorií a derivace sil se dnes děje ve dvou nebo trojrozměrném prostoru (3 D).

V prvním případě, může být **kinematika objektu** analyzována po-zpracování (z angl. „*post-processing*“) **předem nahraného video záznamu** (Obrázek 3). Obrazový záznam se pořizuje většinou kamerami s vysokým rozlišením a před záznamem je nutné zachytit kalibračně referenční body v reálném prostoru (které budou v pozdních krocích sloužit jako reference ke kalibraci virtuálního prostoru a jeho rekonstrukci). Metoda kinematické analýzy pomocí video záznamu nám dovolí provádět se správnou kalibrací jak dvou, tak i troj rozměrnou (použijeme-li min. dvě kamery) analýzu. Není ekonomicky náročná a dovolí nám například zasahovat do procesu kalibrace anebo „pohybovat“ s analyzovanými body. Negativním aspektem je menší přesnost měření, a hlavně limit snímkovací frekvence kamer. Zpracování a stopování jednotlivých bodů snímkem za snímkem je s modernější technologií sice rychlejší, ale odborná lidská kontrola je vždy nutná. Zejména u delších časových záznamech, které potřebují velkou výpočetní kapacitu.

Druhá metoda systému záznamu pohybu (z angl. Motion Capture system; MoCap) je více automatizovaná a probíhá **přítomným záznamem pozičních údajů** sledovaných objektů; tj. „real-time tracking“. Tento systém je podle Chèze (2014) schopen plně reprodukovat pozice, orientace a pohyby několika bodů ve stejném čase. Pozice a orientace těchto předem označených bodů jsou reprodukovány ve virtuálním prostoru okamžitě s maximální přesností (většinou je to méně než 0,01 cm). Je to metoda široce využita jak v zábavním oboru filmařství a počítačových her, tak i vysoce odborné vědecké sféře analýzy pohybu ve sportovní vědě, rehabilitaci a další zdravotní práci s pacienty.

Automatické systémy živého záznamu kinematické analýzy dělíme na **pasivní a aktivní**. Pasivní systém pracuje na metodě, kdy speciální kamery v jednom momentu emitují a následně zachycují infračervený světelný odraz od reflexních bodů, které jsou odborně umístěny na subjektu (Obrázek 2). **Výhodou** je poměrně velký prostor pro realizaci a záznam dat, **nevýhodou je nutnost použití systému jen v laboratorních podmínkách s kontrolovaným světlem (pro narušení chodu kamer)**.

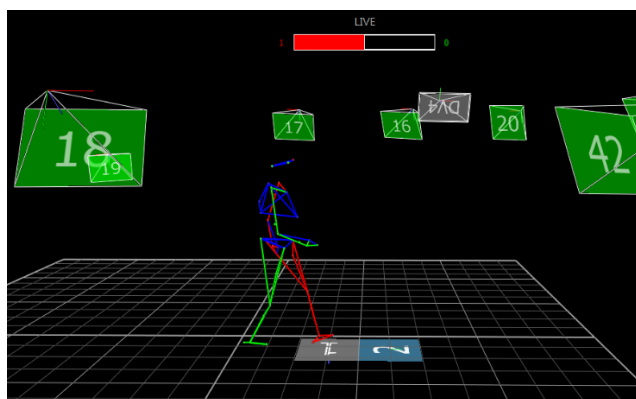
Aktivní systémy využívají vysílání zpětného signálu nízké frekvence přímo z bodů umístěných na subjektu a tím poskytují po zachycení senzorem přesnější a amplifikovaný signál (informace o pozici a orientaci). Výhodou aktivního systému je menší počet senzorů pro příjem signálu a možnost použití externě – v terénu. Nevýhodou je menší prostor realizace nebo vyšší finanční náročnost.

Tyto frekvenční systémy záznamu pohybu se v realitě setkávají, bohužel, s problémem samotných senzorů na těle sportovce (tzv. „markrů“). Při pohybu můžou narušit samotné technické provedení a ovlivnit subjektivní pocit analyzovaného subjektu.

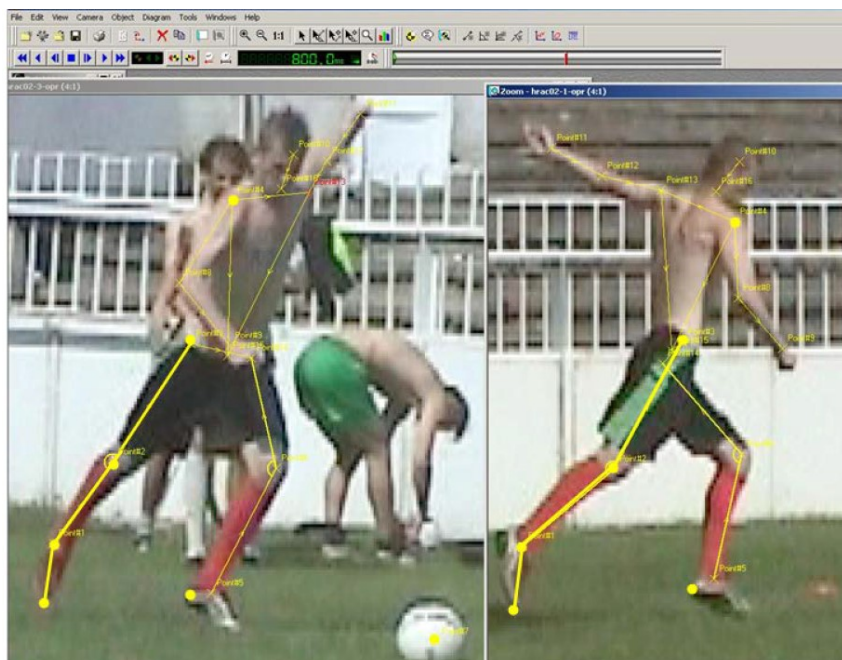
- **Proto, zpětná analýza kvalitně kalibrovaného videozáznamu přináší možnost analyzovat pohyb bez toho, aby ho nějakým způsobem ovlivnila a narušila (Obrázek 4). O to víc je vhodnější ve sportovních hrách a oficiálních utkáních, kde samotná pravidla nepovolují nosit hráčům žádné přídavné zařízení (jako markry, senzory, hodinky apod.).**



Obrázek 2: 3 D kinematická analýza pohybu pasivním systémem pomocí infračerveného odrazu světla od bodů na těle šermíře (Chèze, 2014).



Obrázek 3: 3D vizualizace analýzy chůze systémem VICON, Nexus 2.5 (Vicon, Oxford, Velká Británie).



Obrázek 4: Náhled na 3D kinematické analýzy kalibrovaného videozáznamu ze dvou pohledů v softwaru Tema Biomechanics 2.3 (Maly, 2009).

Analýza sportovního pohybu ve třech rovinách má za cíl přinést hluboký vhled a porozumění do kvantitativního a kvalitativního (technického) provedení a taky do samotnému rozvoje sportovce a jeho pohybu. Tato analýza je široce využívána trenéry v přípravě sportovců a přechází až do kvantitativního poznání (objem externího zatížení jako je distance, rychlost a jejich derivace akcelerace apod.). Využití nachází u klinických pracovníků v diagnostice funkčních poruch pohybového aparátu anebo detailní observace neuro-motorické poruchy po zranění.

Analýza pohybu a jeho klinická aplikace se dostala do vysoce odborné úrovně. Systematická interpretace chůze je jedním z nejvíce bádáných pohybů vůbec. Kamerový záznam sice přináší relativně jednoduchou implementaci do každodenního pozorování, ale detailní analýza pokročilými systémy umožňuje mnohem širší využití. Vysokofrekvenční záznam údajů o polohách bodů ve všech třech rovinách a libovolná rychlost jejich přehrávání je odbornou výhodou, taky přímá implementace metod jako je elektromyografie nebo dynamické údaje pomocí silových platforem.

2.2.1 Kinematická analýza ve volejbale

Výzkum ve volejbale využívá 3D kinematickou analýzu pro pozorování jednotlivých segmentů techniky pohybů, jako je například pohyb po hřišti nebo rozběh a výskok (Cisar & Corbelli, 1989; Coleman, Behnam, & Northcott, 1993; Maly et al., 2009; Park, 2003).

Detailní analýza pohybu s komparací volejbalového rozběhu byla provedena doktorskou prací Davis už v roce 1968. Jednalo se o srovnání rozběhu „s“ a „bez“ závaží na kotníkách. Analyzovány byli maximální uhlové rychlosti končetin, momenty síly a doba letu. Všechny pokusy se zátěží dosáhly kratšího času v dobách letu. Taky uhlová rychlost dolních končetin dosahovala vyšších hodnot bez zátěže. Progresivní výzkum ve volejbalu provedl taky Stankiewicz (2013). Studie doporučila zlepšení volejbalových tréninků hlubší vědeckou implementací nebo analýzou biomechanických vývojových předpokladů a realizací pohybových akcí.

Studie (Rabita et al., 2015; Parlebas, 1999; Weynard, 2010) poznamenaly, že biologický potenciál pohybového výkonu člověka je prakticky vyčerpán, zejména kvůli dlouhodobému provádění výzkumu v oblasti vzdělávání a zaměřenému tréninku od mladého věku. Výkon volejbalu závisí na složitosti mezi biologickými limity, specifickými technickými postupy, pravidly a rychlostí hry. Ve smyslu hodnocení konkrétní hry nebo požadavků na utkání musíme detekovat vnitřní i vnější zatížení stejně. Potom můžeme zlepšit porozumění silám a objemům vnějších zátěží, které hráč během utkání (nebo přípravě v tréninku) překoná. Intuitivně můžeme dojít k závěru, že pohyb volejbalisty vyžaduje akceleraci, rychlé změny směru, obratnost nebo mentální dovednosti, jako je rozhodování a strategické myšlení implementované ve vysoce technických vzorcích pohybu. Takové hrubé hodnocení však nemůže motivovat konkrétní návrh účinné volejbalové praxe. Pozice hráčů v elitním volejbalu se od sebe liší a v důsledku toho musí být tréninkové jednotky upraveny zvláštním způsobem (Lehnert et al., 2009).

Kvantifikace pohybových vlastností byla široce používána v elitním sportu pomocí systému určování zeměpisné polohy Global Positioning System (GPS) nebo jiných automatizovaných systémů pro sledování hráčů (Gomez et al., 2014; Chen et al., 2011, 2012; Kapidzic et al., 2014; LI et al., 2017; Palao, 2014; Seminati a kol., 2014; Wagner a kol., 2014). Pokud jde o rychlé změny směru, GPS výrazně snižuje přesnost a absolutní spolehlivost (Rawstorn et al., 2014). Proto jsou v moderních modulech pro analýzu pohybu ve sportu spojeny technologie GPS, gyroskopu a akcelometrů. Požadavky na postavení každého hráče musí být prozkoumány a dále diferencovány, aby umožnily efektivní trénink a nastavení přiměřeného množství zátěže (Bompa & Buzzichelli, 2015; Cardinale et al., 2011; Zatsiorski & Kraemer, 2020). Celková vzdálenost distance pohybu s

vysokou přesností pohybu elitních volejbalistek během rozeher a utkání byla analyzována autory Mroczek et al. (2014), která monitoroval motorické aktivity v elitním mužském volejbale. GPS moduly pro evaluaci distance ve volejbale do tyhle doby nebyli využity, studie v roce 2014 využila rastrování pohybu. Průměrná celková distance pohybu ve tří setovém utkání dosáhla 1221 ± 327 m a 1757 ± 462 m ve čtyř setovém utkání. Průměrná distance pohybu dosáhla $10,92 \pm 0,9$ m. Autoři sami zdůrazňují, že do ty doby nebyla provedená podobná analýza distance pohybu a tím pádem bylo velmi komplikované tyto data komparovat. Musíme ale doplnit, že diplomová práce Karvan (2007) se tyto informace snažila v určitém smyslu sdělit taky.

Volejbalové utkání je komplexní sportovní aktivita dynamického charakteru, kde vztah a kombinace biomotorických schopností rychlosti a síly převažuje nad vytrvalostními schopnostmi. Bompa a Haff (2009) klasifikují vztah mezi biomotorickými schopnostmi a konstatuje, že síla, rychlost a vytrvalost jako komplex jsou velmi důležité schopnosti pro úspěšný sportovní výkon. Lehnert et al. (2008) věří, že v moderním elitním volejbalu se klade velký důraz na tréninková cvičení podle individualizace konkrétních hráčských specializací. Spolu s rychle prováděnými herními dovednostmi se zvyšuje také obtížnost pohybu a reakce, technické dovednosti a fyziologické dovednosti jednotlivců. Jelikož se volejbal jako týmový sport vyznačuje svou technickou obtížností, objevují se ve volejbalovém utkání přerušované typy pohybu středně a krátkodobě intenzivního zatížení (Wei-ping, 2009). Při zkoumání „fyziologických požadavků v utkání“ se studie zaměřují buď na sledování interních parametrů fyzické zátěže, jako je srdeční frekvence (SF), hladina laktátu (v mmol), a hodnocení vnímané námahy (RPE) (Gonzalez et al., 2005; Hakkinen, 1993; Lehnert et al., 2008; Rodriguez-Marroyo, Medina, Garcia-Lopez, Garcia-Tormo, & Foster, 2014; Viitasalo et al., 1987). Následuje taky popis externího zatížení, jako je kvantifikace (počet) skoků, úderů, distance atd. (Sheppard et al., 2009).

Přesná kvantifikace fyzické zátěže z hlediska celkové distance pohybu u elitních volejbalových hráčů není známa. Sledování pohybů hráčů v různých sportech (házená, basketbal, fotbal, ragby) bylo tématem řady studií (Bloomfield, Polman, & O'Donoghue, 2007; Carling, Bloomfield, Nelsen a Reilly, 2008; Erčulj et al., 2008; Figueroa, Leite, & Barros, 2006; Perš, Bon, Kovačič, Šibila, & Dežman, 2002; Perše, Kristan, Kovačič, Vučkovič, & Perš, 2008; Vučkovič & Dežman, 2001). Studie specificky zaměřené na sledování hráčů a předmětů na hřišti používaly několik metod. Ve většině případů se pro sledování pohybového profilu používá GPS (Global Position System), který dokáže vyhodnotit změny polohy objektu s dostatečnou přesností ve sportu, jako je fotbal, ragby a americký fotbal, a výrazně přispívá k tréninkovému procesu.

Využití kinematické analýzy ve volejbale:

- *Kinematická analýza volejbalového rozběhu a útoku* (Wagner et al., 2009; Huang et al., 1999; Zahálka et al., 2017; Fuchs et al., 2019; Serrien et al., 2016; Chen et al., 2011)
- *Kinematická analýza volejbalového podání* (Huang & Hu, 2007; Coleman, 1997; Zhang & Sun, 2007)
- *Kinematická analýza pohybu horních končetin ve volejbale* (Guo & Li, 2000; Wagner et al., 2014; Vaverka et al., 2016; Reeser et al., 2010)
- *Kinematická analýza blokování ve volejbale* (Lobietti et al., 2006; Lobietti, 2009; Ficklin et al., 2014)
- *Kinematická analýza plážového volejbalu* (Giatsis et al., 2004; Tilp et al., 2008; Hank et al., 2016)
- *Kinematická analýza výskoku a dopadu* (Salci et al., 2004; Paz et al., 2019; Zahradnik et al., 2014; Janssen et al., 2012; Hughes et al., 2007; Shan, 2000)
- *Kinematická analýza distance pohybu* (Hank et al., 2015, 2019, Mroczek et al., 2014; Karvan, 2007)

2.3 HERNÍ ZATÍŽENÍ HRÁČE VE SPORTOVNÍCH HRÁCH

„Monitoring herního zatížení je základním stavebním kamenem pro efektivní strategii tréninkových programů – měření zatížení je dobré, ale měření jeho následků je klíčové.“

- Gazzano & Gabbett (2017)

Diagnostika, lépe řečeno evaluace herního zatížení je nutný prediktant samotného výkonu a taky rizika zranění pro elitní hráče. Zatížení (anglicky „workload“; „load“; „player load“) je podle Gazzano & Gabbett (2017) kombinací sportovních a nespportovních stresorů, které kladou nároky na hráče v utkání nebo tréninku. Jde o mnohem větší faktor jako je jenom vývoj utkání, soupeř nebo samotný objem tréninku. Patří do něho hlavně externí stresory jako je celková vykonaná práce (ve Watech), rekreační aktivity, rodina a další úkoly. To všechno ovlivňuje sportovce na jeho cestě k výkonu, nebo ke zranění. Poměr mezi akutním a chronickým zatížením hraje podle autorů kritickou roli.

Podle studie Vanrenterghem et al., (2017) v monitoringu herního zatížení nastal v posledních letech obrovský posun. Technologie dovolují monitorovat hráče a taky celé družstvo téměř neustále a automaticky (softwarově) tyto parametry hodnotit a komparovat z hlediska inter nebo intra-personálního aspektu. Aktivity herního zatížení totiž přímo ovlivňují interní biochemický stres kladený na fyziologické subsystemy a taky tvoří interní mechanický stres na kosterní a svalové tkáně (Obrázek 5).

- Autoři Vanrenterghem et al., (2017) proto apelují na fakt, že evaluací celkového herního zatížení ve sportovních hrách se právě snažíme predikovat velikost interního zatížení a mít informace pro efektivnější adaptaci samotného hráče a samotný tréninkového procesu. Někteří autoři (Burgess, 2017; Lolli et al., 2019, 2020) upozorňují, že před tím, než vykonáme určité rozhodnutí a změny v tréninkovém procesu sportovních her, nesmíme brát v ohled jenom monitorované důkazy, ale všechny faktory, jako filozofii trenéra, souhlas hráče, dostupné technické zdroje a časové možnosti.

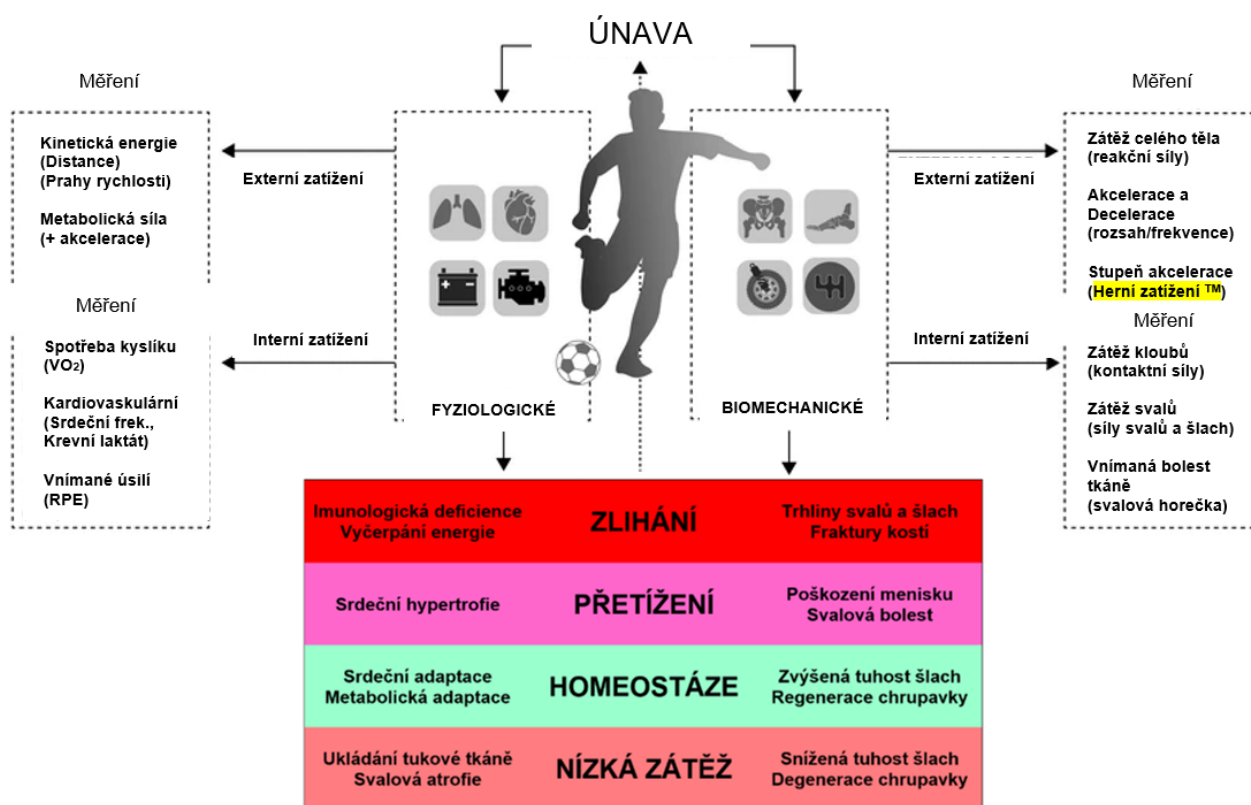
Herní zatížení může být rozděleno na dvě složky:

Interní herní zatížení: Je to individuální psychologická a fyziologická odpověď lidského organismu na stresory životních událostí, biologické faktory a úměrně reaguje na zmíněné externí zatížení (McLaren et al., 2018). Objektivně měříme interní zatížení nejčastěji monitorováním srdeční frekvence (Podstawski et al., 2014), měříme koncentraci

laktátu v krvi (u volejbalu od 3-9 m/mol) (Arazi et al., 2012), měříme hormonální reakci na zatížení (Eliakim et al., 2013; Hoffman et al., 2008), koncentraci metabolitů (Martinovic et al., 2011; Akazawa et al., 2019), respirační parametry (Mishra et al., 2015) nebo psychologické reakce (Andrade Nogueira et al., 2014). Zaznamenáváme subjektivní vnímání intenzity pohybového zatížení pomocí škálování (anglicky Rating of Perceived Exertion; RPE). Subjektivně lze takto evaluovat toto zatížení právě dotazováním hráče na „vnímanou zátěž“ (Bara Filho et al., 2013).

Externí herní zatížení: Jedná se o fyzické a fyzikální stresory které působí na hráče „zvenku“ (McLaren et al., 2018). Patří sem celková práce (ve Wattech), např. Kumulace počtu sprintů (Castillo et al., 2020), počtu výskoků (Charlton et al., 2017; Sanders et al., 2018), zvednutý objem určité hmotnosti (Panissa et al., 2013), celková vzdálenost pohybu ve všech osách X, Y, Z (Jennings et al., 2010), rychlost pohybu, akcelerací (Vlantes & Readdy 2017; Šimonek et al., 2017; Johnson et al., 2010), počet decelerace a podobně. Převážně je evaluován akcelerometry, dynamometry, pozičním systémem GPS, chronometry nebo video analýzou.

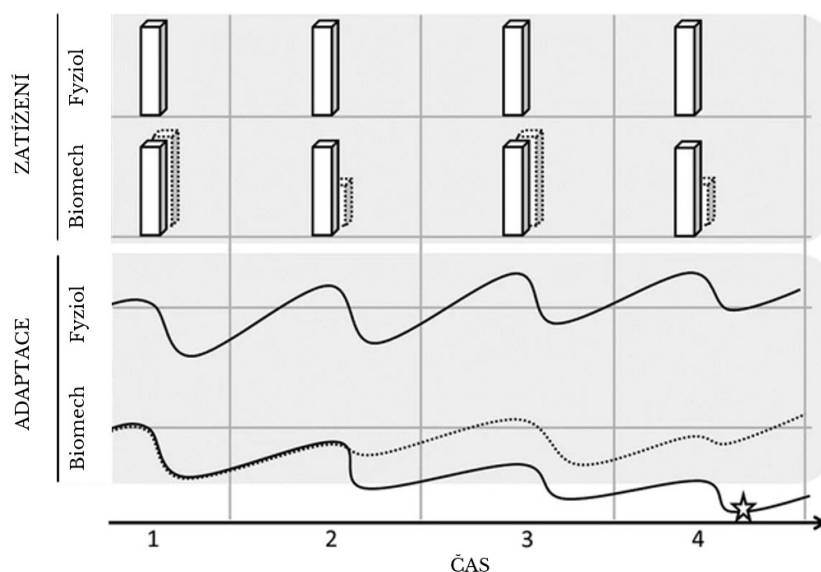
- **Důležitým zjištěním studie McLaren et al. (2018) bylo, že mezi složkami interního a externího zatížení existuje silná korelace ($r = 0,82$).**



Obrázek 5: Nový rámec pro sledování zatížení hráče podle Vanrenterghem et al., (2017), který ukazuje cyklickou povahu, ve které fyziologická a biomechanická zátěž vede k přizpůsobení biologického systému jako celku. **Žlutě je vyznačený směr našeho bádání.**

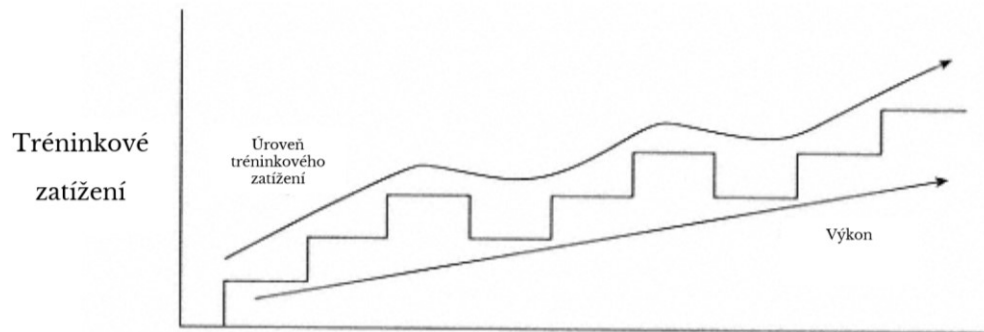
Poměry a velikosti zmíněných zatížení je velmi důležité sledovat a navzájem komparovat. Vzájemně se totiž ovlivňují a poskytují informace o jednotlivých úrovních kapacity organismu. Externí zatížení nám poskytuje informace o tom „kolik“ hráč odpracoval, jak velký byl objem jeho práce, narozdíl od interního zatížení, které nám spíše poskytuje kritické (taky kvantitativní) informace „jak“ organismus reagoval a determinuje nám přiměřený stimulus pro tréninkové adaptace. Taky nám poskytuje údaje pro identifikaci únavy, potřebného odpočinku a může predikovat zdravotní problémy. Přetrénování nebo nedostatečný tréninkový stimulus vedou k nesystematické a neefektivní tréninkové strategii. (Gazzano & Gabbett, 2017).

Progresivní adaptační změny jsou vyvolány systematickým tréninkem, jehož poměr mezi kvalitativním a kvantitativním objemem odpovídají specificitě daného sportu. **Kvalitativní aspekt** (technika) pohybu je primárním předpokladem pro vykonávání jednoduchých cyklickým, nebo složitějších acyklických otevřených pohybových vzorců. **Kvantitativní aspekt** odpovídá velikosti a intenzitě pohybu (tréninkového objemu). Elitní sportovní hry musí přijmout a najít časový prostor pro implementaci kondičního tréningu ze třech rovin. Preventivní rovina má za cíl nervosvalovým učením a specifickým, většinou zaměřeným na posílení svalových mikrostruktur, připravit subjekt, aby dokázal technicky a silově odolávat **externím** (impakty, dopady, přetížení změn směrů, trakce, rotace apod.) a **interním** (např. únava, srdeční frekvence, laktát) nárokům. Další rovina by měla směřovat k čistě výkonnostnímu charakteru, který musí brát ohled na zdravotní stav subjektu.

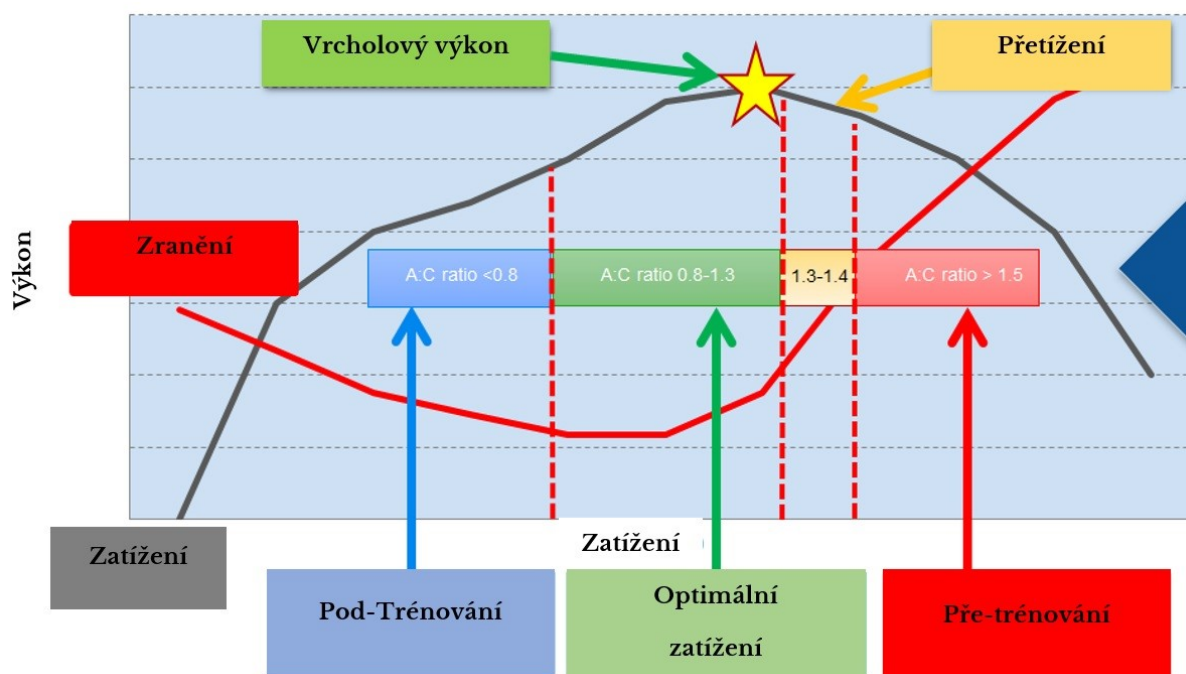


Obrázek 6: Teoretický příklad toho, jak různé časové bloky mezi fyziologickou (Fyziol) a biomechanickou (Biomech) adaptací mohou vyžadovat různé periodizace mezi fyziologickou a biomechanickou zátěží. Tečkované bloky představují alternativní biomechanickou periodizaci zátěže, což vede ke zlepšenému biomechanickému adaptačnímu profilu, jak ukazuje tečkovaná čára. Hvězda označuje teoretický časový bod, ve kterém by se mohla pravděpodobnější kritická slabost a selhání tkáně vyskytnout (Vanrenterghem et al., 2017).

Zvyšování fyzické, fyziologické a technické výkonnosti se musí dít progresivně od obecného charakteru směřujícím k specifickému transferu. Hlavním determinantem pohybu je interakce nervového a svalového systému. Proto se zastává názor, že úroveň kvalitativního (technického) projevu by měl předcházet rozvoji základních schopností jako je síla, rychlost a vytrvalost (Bompa & Buzzichelli, 2015).



Obrázek 7: Křivka progresivního tréninkového zatížení podle Bompa & Buzzichelli (2015).



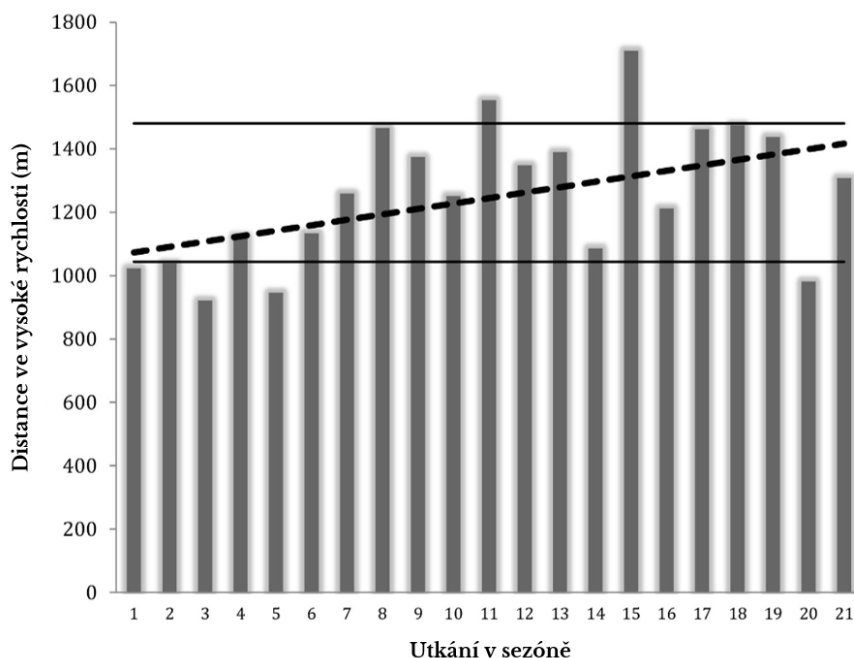
Obrázek 8: Vizualizace poměru (ratio) akutního (A) a chronického (C) zatížení vzhledem k incidenci zranění dle Gazzano & Gabbett (2017).

Na Obrázku 8 nám Gazzano & Gabbett (2017) vysvětluje dopad neúměrného tréninkového zatížení a jeho dopad ve formě rizika zranění a přetrénování. Dále vysvětluje, že připravenost a risk se u hráče mění ze dne na den, proto i toto zatížení

a aktuální stav hráče musí být objektivní nebo subjektivní formou evaluován v každé tréninkové jednotce. Optimální zatížení je tedy velmi individuální a může být podle této studie monitorováno třemi determinanty. **Poměrem akutního a chronického zatížení, nárůst zatížení z týdne na týden a před-tréninkovým wellness** (bolesti, kvalita spánku, subjektivní vnímání stresu, úroveň únavy). Podle těchto determinantů, se z důvodu efektivity tréninkového procesu musí trenér ujistit o jejich akutním stavu.

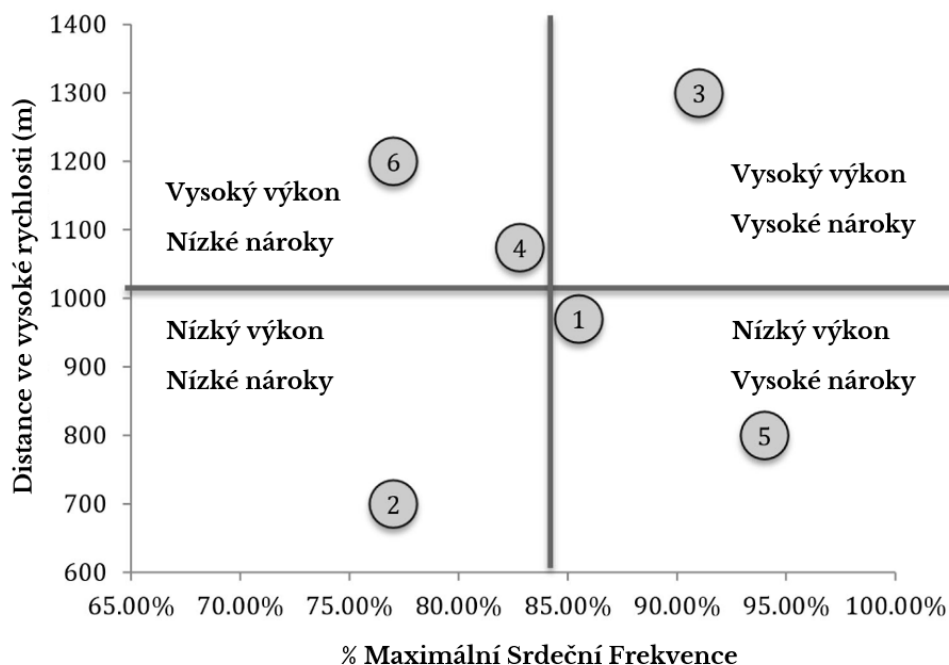
- Stanovit velikost rizika zranění na základě matematických výpočtů poměru výše zmíněných parametrů se ale v poslední době setkává s konfrontacemi. Zahrnout všechny objektivní a subjektivní parametry jednotlivce je totiž velmi obtížné (Lolli et al., 2019, 2020).

Následující obrázky autora Burgess (2017) nám ukazují příklad efektivního monitorování herního zatížení ve sportovních hrách. Na Obrázku 9 vidíme, jak se progresivně zvyšovala celková distance pohybu hráče ve vysoké rychlosti v průběhu sezóny. Konkrétní údaje musí hodnotit sám trenér a brát v úvahu všechny další faktory, jako strategie utkání, stav hráče apod. Následně na základě sběru dat korigovat intenzity a cíle dalších tréninků.



Obrázek 9: Distance běhu hráče ve vysoké rychlosti v průběhu sezóny (Burgess, 2017).

Obrázek 10 nám ukazuje inter-personální komparaci hráčů mezi výkonem v utkání. Tento typ akutního monitoringu nám přibližuje souvislosti mezi interním a externím zatížením hráče a jeho výkonností.



Obrázek 10: Interní vs. externí zatížení reprezentované průměrnou srdeční frekvencí a distancí ve vysoké rychlosti. Hráči 1, 2, 3 a 4 dosáhli odpovídající výkon k vydaným nárokům. Hráč 5 zobrazuje nízký výkon s vysokými nároky, a proto je nutná další diagnostika. Hráč 6 dosáhl vysoký výkon s nízkými nároky a prokázal v utkání vynikající kondici (Burgess, 2017)

Weston (2013) taky důrazně upozorňuje na důležitost monitorování velikosti objemu a zatížení v utkání a jeho přirozeného následku na hráče. Důvodem je hlavně strategie pro další trénink a taky strategie pro regenerační procesy. Zmiňuje se o využívání GPS senzorů pro evaluaci externího zatížení jako stimulus, který úměrně ovlivňuje adaptace interního zatížení. Subjektivní informace o zatížení, o vnímaném stresu nebo aktuální náladě jsou podle Robson-Ansley et al. (2009) silně reliabilní indikátory adaptace na zatížení a můžou v praxi překonávat (hlavně z praktického hlediska) biochemické nebo fyziologické testy. Studie z roku 1997 od Lehmann et al. zmiňuje, že většina **virových infekcí, zranění a vyhoření** jsou spojovány právě **disharmonií mezi zátěží v tréninku, utkání a odpočinku**. Tato disharmonie vede k termínu „pře-trénování“. Tohle tvrzení potvrzuje taky Foster (1998), kde studie zjistila, že když hráč **přesáhne individuální tréninkový limit**, dosahuje **větší procento onemocnění**. Novější studie Laux et al. (2015) podporuje tento fakt tím, že připomíná hráčům a trenérům důležitost kvality spánku a úrovně únavy, které jsou silným prediktorem rizika zranění. Psychologie hraje v elitním sportu extrémně podstatný úkol. Hráči, kteří překonávají **silný psychologický stres** mají až **3,19krát vyšší riziko zranění** (Mann et al., 2016).

Navzdory tomu, že tato práce nepojednává o silových schopnostech hráčů, krátce se zmíníme o vybraných aspektech kondiční (fyzické) připravenosti hráčů sportovních her. Těmi nejdůležitějšími pilíři fyzické připravenosti v elitním sportu jsou **mobilita, síla a morfologie** (i v kontextu celkové tělesné hmotnosti) (Boyle, 2016). Kondiční příprava ve sportovních hrách využívá všech dostupných tréninkových metod. Velmi důležitým faktorem je mobilita (Wang & Cochrane, 2001). Jde často o budování adekvátního a sportu-potřebného rozsahu pohybu (mobilita a flexibilita) v kloubních spojeních a následná silová příprava. Somatometrické vlastnosti hráčů se liší sport od sportu a hráčských specializací. Objem aktivní hmoty a tukové složky těla se v elitní sféře pravidelně kontroluje a kondiční trénink je jedním z faktorů, který to ovlivňuje (Petroski et al., 2019). Váha hráčů je velmi důležitá z hlediska pohyblivosti a práce na hřišti s vlastním tělem, taky je její optimální úroveň odpovědná za určitou míru rizika zranění z důvodu tlumení nárazů a decelerace při změně pohybů (Boden et al., 2010). Další aspekt kondiční přípravy tvoří rozvoj základních pohybových schopností síly, rychlosti a vytrvalosti.

Silový trénink se v minulosti stýkal se skepticizmem k rozvoji rychlosti a dynamiky. Pro úzkou spojitost s přílišným rozvojem svalového objemu (muskulatury) byl velkou částí odborníků odsuzován. Přisuzovali mu narušení koordinace a snížení rychlosti pohybů (Masley et al., 1953). Výzkum rozvoje silových schopností, které měli efektivnější transfer do sportovních her a sportů nabírajících na popularitě stoupal mezi lety 1960 a 1970 (Davis, 1968). Silový trénink nacházel cesty pro rozvoj nejen reliéfu a svalového objemu, ale taky pro zvýšení rychlosti, dynamiky a vytrvalosti pomocí doplňkových cvičení a zátěží. Postupný výzkum ukazoval, že síla byla důležitým determinantem rychlosti ve sprintu a taky koordinaci. Hlavním poznáním, které přinášela věda do kondičního tréninku bylo, že tento trénink musel být systematický a mít specifický cíl (Masley et al., 1953).

- Dnes zastáváme názor, že silový trénink je fundamentální složkou fyzické připravenosti volejbalových hráčů (Sheppart et al., 2008; Zatsiorsky et al., 2020).

Systematickému propojování techniky, která simuluje co nejpřesněji pohyb využitý v daném sportu, s kondičním tréninkem pohybových schopností můžeme říkat specifický transfer (Bennett, 2006). Jde o syntézu nabuzení nervo-svalového systému prostřednictvím resistantního nebo motorického stimulu na sval. Stah svalu se doporučuje na úrovni od 70 do 120 % 1 opakovacího maxima (IOM) v případě „post aktivčního potenciálu“ (PAP; anglicky post-activation potentiation) z důvodu aktivace co největšího počtu svalových vláken. Vhodnost se doporučuje pro rozvoj dynamických

projevů síly, jako je běh, sprint nebo výskok. Tento typ tréninku má za cíl implementovat silový adaptační stimulus přímo do specifického motorického vzorce. V krátkém časovém intervale po silovém stimulu jsou nervosvalové buňky stále aktivní a doporučuje se proto provést další specifický pohyb, na kterém by se bez silového nabuzení nepodílelo tak velké množství svalových vláken. Syntéza objemového a technického tréninku tak přináší možnost, jak rozvíjet kondici a pohyb samotný (Hamada et al., 2000; Kilduff et al., 2007; Robbins, 2005).

2.3.1 Herní zatížení ve volejbale

Nedávná studie Clemente et al., (2019) důrazně apeluje na monitorování herního zatížení ve volejbalovém tréninku, aby se minimalizovala možnost přetrénování, zranění nebo onemocnění. Volejbalové je komplexní sportovní aktivita s dynamickým charakterem, kde kombinace rychlostních a silových biomotorických schopností má relativní přednost před vytrvalostními schopnostmi (Sheppard et al., 2009; Silva et al., 2016). Bompa & Haff (2009) klasifikují mezi nimi úzký vztah a zdůrazňují, že síla, rychlost a vytrvalost jsou komplexně velmi důležité pro úspěšný sportovní výkon. Podle Lehnert et al. (2008) klade elitní volejbal velký důraz na trénink podle individualizace konkrétní hráčské specializace. Od svého začátku se volejbal jako týmový sport vyznačuje vysokými technickými nároky a rychlá hra klade nároky na úroveň obtížnosti pohybu a reakčních schopností, ty se musí propojit s technickými dovednostmi. Volejbalové utkání má mnoho intermitentních druhů zatížení (vysoký počet výskoku, podřepů, krátkých přemístění pozice), na které se musí hráči specificky rozvíjet (Wei-ping, 2009).

Utkání si vyžaduje dynamickou změnu směru pohybu v relativně malém prostoru při 6 hráčích (81 m²), a při vysoké intenzitě pohybu (max. 80 % bpm), vykazuje volejbalová hra charakteristiky právě intermitentního zatížení. Hráči zůstávají v takovém zatížení až do 20 % herního času (Lehnert et al., 2009, 2008; Schläppi-Lienhard & Hossner, 2015; Wei-ping, 2009). Rychlé a flexibilní reakce s pohybem v malém prostoru jsou determinovány jako pohyblivost neboli agilitou. „Agilita“ je podle Bompa & Haff (2009) produktem komplexní kombinace mezi rychlostí, koordinací, flexibilitou a výbušnou silou. Ve volejbalu se používá rychlé a správné načasování při defenzivní a taky ofenzivní činnosti. Specifický rozvoj biomotorických schopností a jejich integrace musí být správně metodicky navržen; na druhé straně rozvoj pouze jedné schopnosti ovlivňuje i jiné schopnosti. Vedená, dlouhotrvající a vhodně navržená praxe je rozhodující složkou pro dosažení technické a biologické synchronicitě všech činností včetně sportovních her

(Ericsson, 1993). Když zkoumáme "požadavky oficiálního utkání", studie se musí zaměřit buď na monitorování vnitřních parametrů fyzické zátěže, jako například srdeční frekvence, hladina laktátu a hodnocení vnímané námahy (RPE) (Gonzalez et al., 2005; Hakkinen, 1993; Lehnert et al., 2008; Rodriguez-Marroyo et al., 2014; Viitasalo et al., 1987) nebo o popisu vnějšího zatížení, jako je například počet výskoků, úderů, dráha pohybu, distance apod. (Sheppard et al., 2009). Přesná kvantifikace herního zatížení z hlediska celkové distance pohybu v elitním volejbale nebyla, v našem vědomí, doposud prozkoumaná více než dvěma studii (Mroczek et al., 2014; Karvan, 2007). Sledování pohybu hráčů v jiných sportovních hrách (házená, basketbal, fotbal, ragby) bylo téma už několika studií (Bloomfield et al., 2007; Carling et al., 2008; Erčulj et al., 2008; Figueroa et al., 2006; Persil et al., 2002; Persil et al., 2008; Vuckovic & Dežman, 2001). Studie specificky zaměřené na sledování hráčů použili několik metod. Ve většině případů byl na sledování pohybového profilu použitý systém GPS (Global Position System), který je schopen vyhodnotit změny polohy objektu pomocí satelitních údajů, ale taky ve spolupráci se vstaveným akcelerometrem. Hlavně ve sportech jako je fotbal, ragby a americký fotbal.

Ve volejbale se tyto metody s akcelometrem využili například u studie Skazalski et al. (2018), která analyzovala 129 173 výskoků ve volejbale. Další byla například Sanders et al. (2018), zaměřená na hodnocení počtu výskoků v různých intenzitách a úrovni únavy v tréninku, zatížení bylo kategorizováno podle výsledků prohraných a vyhraných utkání, nebo modelových utkání. Za externí zatížení považovali např. počet bloků, útoků. Více studií se poslední dobou zaměřuje na evaluaci vnímané námahy – RPE (Clemente et al., 2018; Andrade Nogueira et al., 2014; Freitas et al., 2014). Analýzu herních kombinací nebo pohybu hráčů pomocí video záznamu můžeme vidět u studií Afonso et al. (2010), Palao et al. (2009), Karvan (2007), Costa et al. (2012).

Mroczek et al. (2014) zdůrazňuje, že na rozdíl od sportovních her, ve kterých je distance pohybu ovlivněna kontaktem s míčem při kopání nebo driblování, se volejbaloví hráči pohybují po hřišti s očekáváním určité trajektorie míče a taky reagují na chování (pohyb) jejich spoluhráčů nebo protějšního družstva. Reálné kontakty s míčem jsou totiž omezené jenom na údery. Poměrně nová studie Junior (2019) se zabývá specifickou periodizací jak technického, tak kondičního tréninku ve volejbale. Ukazuje, jak přepojit rozvoj kondice s technický aspektem. Práci s míčem zařazuje do samotných kondičních cvičení pohybu, síly a rychlosti. Využívá intermitentního zatížení, jako v utkání a přizpůsobuje typ motorického provedení.

Specificita daného sportu nám deduktivně nabízí vhled do problematiky, kterým směrem se v kondiční přípravě vybrat. Převládá-li ve sportu spíše lineární pohyb nízké rychlosti, nebo převládají rychlé změny směrů pohybu ve všech třech rovinách je otázka expertní analýzy. Mnoho poznatků o převládajícím „typu“ zatížení jde podložit empirickým sledováním, ale evaluaci konkrétních objemů, poměrů a úrovní těchto zatížení už empiricky není možné (Greenwood et al., 2012). Musíme využít vědecký přístup na to, abychom objasnili, jaký profil a úroveň zatížení hráč v realitě dosáhl („kolik“ toho hráč skutečně odpracoval, „jak“ to hráč provedl a „jak“ na tuhle práci reagoval).

KAPITOLA 3. OTÁZKY, CÍLE, HYPOTÉZY

3.1 VĚDECKÉ OTÁZKY PRÁCE

1. Jaké jsou kvantitativní rozdíly pohybu v různých směrech u elitních volejbalových hráček v oficiálním utkání?
2. Jak velké je externí herní zatížení elitních volejbalových hráček v oficiálním utkání reprezentováno stupněm akcelerace ve všech třech osách pohybu jednotlivých hráčských specializací?
3. Existují rozdíly v kvantitativních parametrech pohybu a rozdíly v externím herním zatížení hráčů v závislosti na jejich specializaci a úspěšnosti rozehry?

3.2 CÍLE PRÁCE

1. **Primárním cílem** je kvantifikovat prostorový pohyb elitních hráčů volejbalu v oficiálním utkání.
2. **Sekundárním cílem** je vypočítat herní zatížení z pozičních údajů prostorového pohybu.
3. **Terciárním cílem** je evaluovat a statisticky komparovat údaje prostorového pohybu a herního zatížení vzhledem k hráčským specializacím hráčů a vzhledem k výsledku rozehry.

3.3 HYPOTÉZY PRÁCE

H1: Hráčská specializace „Libero“ dosahuje signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné průměrné distance pohybu v horizontální rovině X, Z v komparaci s průměrnými hodnotami ostatních hráčských specializací „Smečář“, „Blokař“, „Univerzál“ a „Nahrávač“.

H2: V elitních volejbalových rozehrách existuje signifikantně odlišná ($p < 0,05$) úroveň celkového herního zatížení HZ_{Full} mezi hráčskými specializacemi hráčů.

H3: Celkové explozivní herní zatížení (HZ_{Exp} ; $< 3,5 \text{ m/s}^2$) dosahuje signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty v komparaci s celkovým středním herním zatížením (HZ_{Norm} ; 0 do $2,0 \text{ m/s}^2$).

- H4:** Hráčská specializace „Libero“ dosahuje signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty celkového herního zatížení v horizontální rovině X, Z (EZ_{xz}) v komparaci s ostatními specializacemi „Smečář“, „Blokař“, „Univerzál“ a „Nahrávač“.
- H5:** Hráčská specializace „Blokař“ dosahuje signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty celkového herního zatížení ve vertikální rovině Y (EZ_y) v komparaci s ostatními specializacemi „Smečář“, „Libero“, „Univerzál“ a „Nahrávač“.
- H6:** Hráčská specializace „Smečář“ a „Univerzál“ dosahují signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty explozivního herního zatížení ve vertikální rovině Y (HZ_{Exp_y} ; $< 3,5 \text{ m/s}^2$) v komparaci s ostatními specializacemi „Libero“, „Blokař“ a „Nahrávač“.
- H7:** Ve vítězných rozehrách dosahují hráči signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty celkového herního zatížení (HZ_{Full}) a střední velikosti účinku (ES; effect size) podle Cohena (1992) $d = 0,2 - 0,8$ v komparaci s prohranými rozehrami.

KAPITOLA 4. METODY PRÁCE

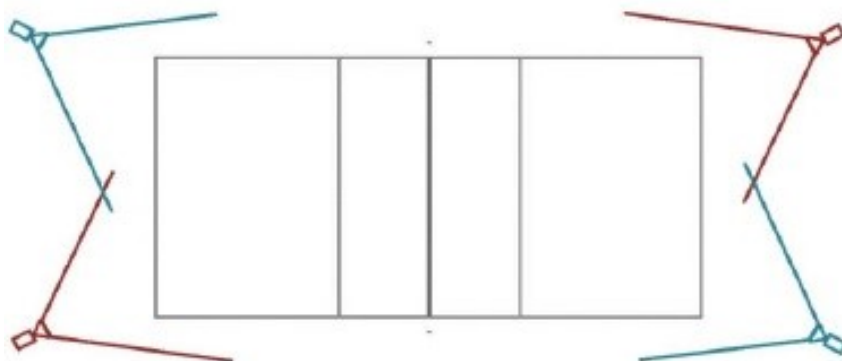
4.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU

Výzkumnou populaci pro analýzu této práce tvořili volejbalové hráčky, které působí v elitních volejbalových mezinárodních klubech a účastní se nejvyšších soutěží světové úrovně ($n = 14$; věk = 25 ± 6 roku; výška = $182,3 \pm 6,2$ cm; hmotnost = $72,1 \pm 5,8$ kg). Tréninkové zatížení těchto elitních hráček se pohybuje ve volejbalové sezóně mezi 16 až 19 hodinami profesionální tréninkové intervence za týden. Výzkumný sběr dat přímo neovlivňoval jejich herní projev ani výkon a v souladu s pravidly etické komise.

4.2 ORGANIZACE VÝZKUMU

S cílem analyzovat pohyb nejvyšší dostupné úrovně sportovní hry volejbal v přirozených podmínkách, bylo v této disertační práci vybráno elitní volejbalové utkání soutěže v ženské kategorii play-off Champions League. Utkání se uskutečnilo za dodržení standardních podmínek mezinárodních evropských volejbalových soutěží podle pokynů CEV (Confédération Européenne de Volleyball). Výška haly splňovala nároky pokynů kategorie 1 s minimální výškou 12,5 m nad hrací plochou, hrací plocha dosahovala více než minimální rozměr 35 x 24,5 m a úroveň osvětlení dosahovala 1250 lux. Kapacita haly pro návštěvníky splňovala 5000 míst. Teplota v hrací hale dosahovala podle pokynů rozsah 16 až 24 °C. Hrací čas utkání byl podle standardní normy v 19:00. Hrací plochu kryl standardizovaný povrch TARAFLEX® (Sports Flooring, USA). Sběru dat se účastnilo celkem 5 examinátorů. Před začátkem utkání a samotného rozcvičení hráček, byla do každého ze čtyřech rohů ve druhém patře hlediště umístěná jedna video-kamera SONY HDC90E (Sony Ltd., Japonsko) ve vzdálenosti do 30 m od hrací plochy a byla pevně stabilizovaná na stativu Manfrotto PRO 3 CARBON (Manfrotto, Itálie), který byl pro větší stabilitu zafixován k ploše, aby uhel náběru obrazu splňoval rozsah 40-45° (Obrázek 7). Každou kameru obsluhoval jeden examinátor. Pátý examinátor kontroloval průběh měření, připravoval nové kazety pro nahrávání a zajišťoval veškerý potřebný servis pro sběr dat. Následovalo nastavení expozičního času na každé kameře na 1/300 s a obraz se přiblížil do úrovně, aby byla zaznamenána celá hrací plocha. Před nástupem družstva na hrací plochu se do hrací plochy (rohy vnitřního hřiště) umístili kalibrační krychle a provedl se na všech kamerách kalibrační záznam video obrazu o délce 5 s. Tato pozice a nastavení kamer se za žádných podmínek nesměla za celé utkání změnit (statická kalibrace). Po uskutečnění záznamu se kalibrační krychle odstranili z hrací plochy.

Následoval záznam samotného utkání, každý z examinátorů kontroloval hrací děj a dálkovým ovládáním na kameře zastavoval nahrávání v technických přestávkách hry, time-outech družstev a mezi jednotlivými sety. Po ukončení utkání se kolektivizovali záznamy na video-kazetách a přenesli do laboratoře pro digitalizaci a další procesní zpracování.



Obrázek 11: Nastavení pozic kamer vůči hřišti.

4.2.1 Kinematická analýza pohybu

Pro evaluaci pohybu volejbalových hráčů během utkání Ligy mistrů (CEV Champions League) byla zvolena 3D kinematická video analýza. Volejbalové utkání bylo zaznamenáno pomocí čtyř stabilních digitálních videokamer SONY HDC90E (Sony Ltd., Japonsko) s obnovovací frekvencí 50 polovičních snímků za sekundu a rozlišením obrazu 1920 x 1080 pixelů (Obrázek 11).

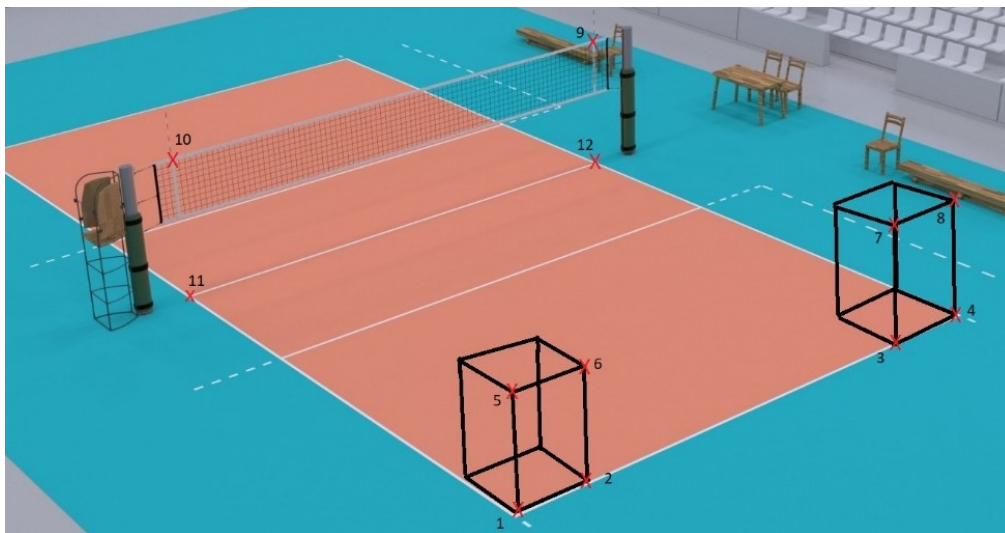
Digitalizace obrazu

Zaznamenané volejbalové utkání byly digitalizovány do PC pomocí softwaru Virtual Dub a Premiere Adobe.

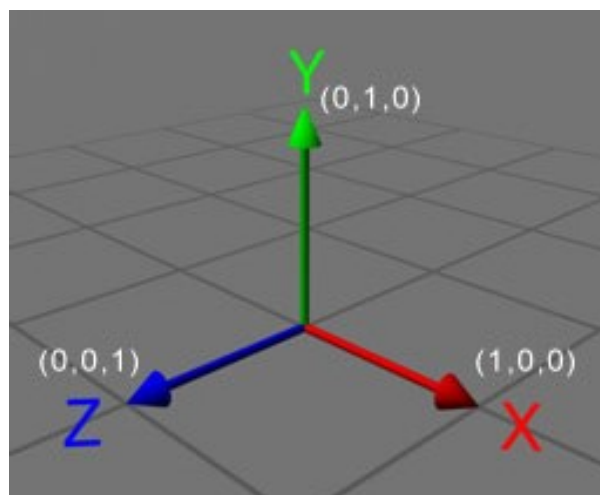
Kalibrace reálného prostoru

Do reálného prostoru zadních dvou rohů volejbalového hřiště, byli před volejbalovým utkáním umístěny dvě kalibrační krychle o rozměru 1 m x 2 m (Obrázek 12). Stabilními kamerami byl proveden krátký video záznam obrazu hřiště a kalibračních

krychlí. Do provedeného úseku videa s kalibračními krychlemi se následně pomocí softwaru Tema Biomechanics 2.3 označilo celkem 12 kalibračních bodů (Obrázek 12). Ke kalibraci a digitalizaci obrazu jsme použili těchto 12 bodů. Po integraci textového souboru do softwaru Tema Biomechanics 2.3, který obsahoval kalibrační souřadnice pro každý ze 12 bodů, software pomocí koeficientů DLT (přímá lineární transformace) provedl zpětnou rekonstrukci prostorových souřadnic s maximálním reziduem 0,05 m pro bod 7 (kamera 1) a 0,0438 m pro bod 6 (kamera 2). Průměrná rezidua byla 0,033 m (kamera 1) a 0,023 m (kamera 2). Minimální reziduum bylo 0,0013 m (kamera 1) a 0,0062 m (kamera 2). Všechny hodnoty jsou uvedené v Tabulce 2. Přesnost měření byla vypočtena se standardní odchylkou 0,0296 m, což znamená 0,3 % zaznamenaného prostoru, což ve skutečnosti byla velikost hřiště (9x9m) plus 2 m za postranní čarou kvůli zaznamenávání pohybu hráčů mimo hřiště.



Obrázek 12: Vizualizace postavení kalibračních krychlí a označených kalibračních bodů.



Obrázek 13: Kartézská soustava souřadnic.
Osy X, Y a Z se protínají v jednom bodě se souřadnicí (0, 0, 0).

Tabulka 2: Hodnoty vypočtených residuí pro 12 kalibračních bodů kamery 1 a 2 vzhledem k reálně zobrazenému prostoru.

	kamera 1	kamera 2
bod 1	residua (m)	residua (m)
1	0,0365	0,0323
2	0,0507	0,0369
3	0,0106	0,0333
4	0,0013	0,0278
5	0,0323	0,0063
6	0,0275	0,0438
7	0,0548	0,0272
8	0,032	0,0398
9	0,0485	0,0206
10	0,0354	0,0223
11	0,0457	0,017
12	0,0206	0,0062
max	0,0548	0,0438
min	0,0013	0,0062
mean	0,033	0,0261

Legenda: max = maximum, min = minimum, mean = průměr

Trasování (tracking) bodů

Pro reprezentativní bod, který sloužil jako deskripce polohy a pozice individuálního hráče v prostoru byl expertním posouzením zvolen střed hlavy (SH) (Obrázek 10). Hráčky se v prostoru rychle otáčeli, a tak znemožňovali označit bok, nebo jinou část těla. Označení SH bylo na každé hráčce zaznamenáno do softwaru Tema Biomechanics 2.3 na každém snímku rozeher.

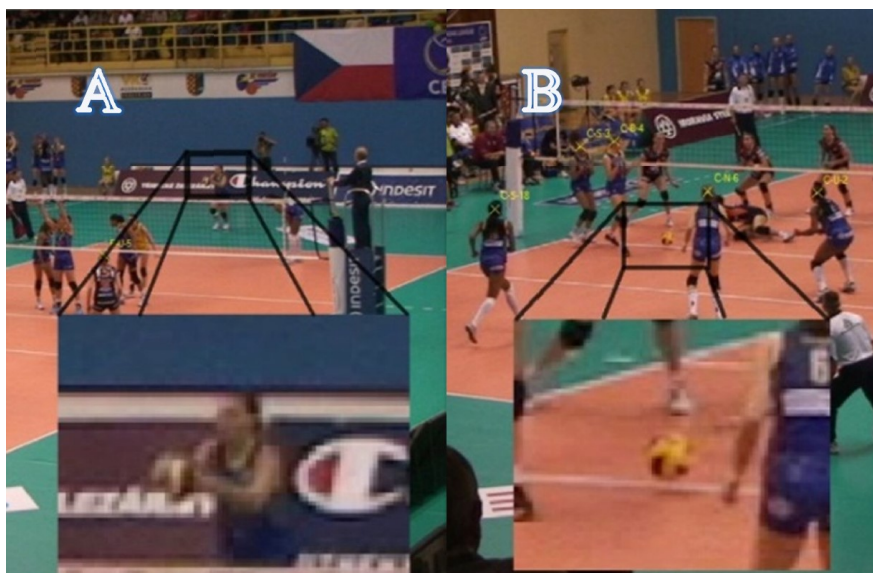


Obrázek 14: Simplifikace pohybu těla. Jednotný bod pro reprezentaci pohybu těla po hřišti a deskripci trajektorie byl zvolen střed hlavy hráčky.

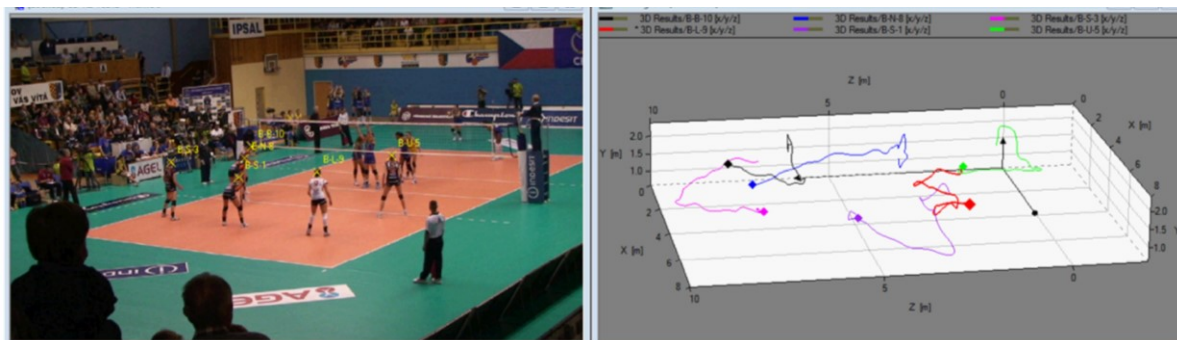
Standardizace začátku a konce roze hry

Pro každou roze hry byl standardizován moment začátku a konce roze hry.

- Začátek roze hry byl moment, kdy volejbalový míč vyhazován na podání dosáhl úrovně hlavy hráčky.
- Konec roze hry byl moment dotyku míče s hrací plochou nebo jinou chybou, pro kterou rozhodčí ukončil roze hry.



Obrázek 15: Příklad standardizace momentu pro začátek roze hry a ukončení roze hry.



Obrázek 16: Digitální reprezentace pohybu hráček v roze hře v reálném a v rekonstruovaném prostoru softwaru Tema Biomechanics 2.3.

Pro kalkulaci distance, frekvence, četnosti směrů, rychlosti a zrychlení z pozicních dat pohybu hráček v jednotlivých roze hrách byl použit software Matlab (© 1994-2015 The MathWorks, Inc.).

$$v = \frac{d}{t}$$

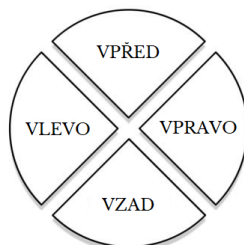
Obrázek 17: Vzorec pro výpočet rychlosti.
Legenda: v = rychlost, d = dráha, t = čas

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Obrázek 18: Vzorec pro výpočet zrychlení.
Legenda: a = zrychlení, v = rychlost, t = čas, Δ = delta (rozdíl)

Kategorizace směrů pohybu

Celkem 4675 úseků jednotlivých pohybu bylo v této dizertační práci kategorizováno do celkem čtyřech směrů v závislosti na střed hřiště (volejbalovou síť mezi družstvy) na Vpřed, Vzad, Vpravo, Vlevo. Rozsah každého směru jsme v této práci rozdělili o velikosti 90° (Obrázek 19).



Obrázek 19: Kategorizace směrů pohybu v závislosti na volejbalovou síť mezi družstvy.

4.2.2 Herní zatížení hráče

Externí herní zatížení jsme pro tuto studii determinovali jako stupeň zrychlení pohybu hráče ve všech třech osách (X, Y, Z) pohybu pro všechny hráčská specializace a všechny roze hry.

Pro výpočet koeficientu herního zatížení (HZ) jsme použili standardizovanou rovnici (Obrázek 20) využívanou v řadě studií zaměřených na kvantifikaci, evaluaci a objektivizaci herního zatížení (McLaren et al., 2018; Nicolella et al., 2018; Sanders et al., 2018; Vlantes & Readdy, 2017).

Na základě Vlantes & Readdy (2017) a expertního posouzení bylo pro tuto dizertační práci HZ kategorizováno podle rovin a intenzit zrychlení na:

- HZ_{Full} – Celkové herní zatížení ve všech třech rovinách X, Y, Z
- HZ_{Norm} – Střední herní zatížení ve všech třech rovinách od 0 do 2 m/s²
- HZ_{High} – Vysoké herní zatížení ve všech rovinách od 2 m/s² do 3,5 m/s²
- HZ_{Exp} – Explosivní herní zatížení ve všech rovinách nad 3,5 m/s²
- HZ_{xz} – Celkové herní zatížení v horizontální rovině X, Z
- HZ_y – Celkové herní zatížení ve vertikální rovině Y
- HZ_{Exp_Y} – Explosivní herní zatížení ve vertikální rovině nad 3,5 m/s²

$$\text{Herní zatížení} = \sqrt{\frac{(a_{y(t)} - a_{y(t-1)})^2 + (a_{x(t)} - a_{x(t-1)})^2 + (a_{z(t)} - a_{z(t-1)})^2}{100}}$$

Obrázek 20: Vzorec pro kalkulaci herního externího zatížení (Nicolella et al., 2018).

Legenda: a = zrychlení, x = osa x, y = osa y, z = osa z, t = čas

4.2.3 Statistické zpracování dat

Evaluována data byla zpracována pomocí MS Excel (Microsoft, USA), Matlab (The MathWorks, USA) a RStudio (PBC, USA).

- Ověřování předpokladu normality bylo analyzováno pomocí Shapiro-Wilko testu.
- Ověřování předpokladu homogenity bylo analyzováno pomocí Bartlett testu.
- Významnost odlišnosti dvou faktorů bylo analyzováno pomocí Dvou-Výběrového Student T-Test s konfidenční hodnotou 95 % ($p < 0,05$).
- Pro výpočet velikosti účinku (míry síly jevu) rozdílů HZ ve výsledku rozehry byl použit Cohenův koeficient (ES) "d" (Cohen, 1992). Hodnoty „d“ byly podle Cohen (1992) nastaveny jako $d > 0,8$ = velký efekt, $d = 0,2$ až $0,8$ = střední efekt, $d < 0,2$ = malý efekt.
- Významnost odlišnosti více než dvou faktorů bylo analyzováno pomocí jednofaktorové neparametrické analýzy rozptylu (Kruskal-Wallis) s konfidenční hodnotou 95 % ($p < 0,05$).
- Výsledky vícenásobné komparace p hodnot byli posouzeny pomocí metody korekce post-hoc Bonferroni.

KAPITOLA 5. VÝSLEDKY PRÁCE

Celkem bylo analyzováno 167 rozeher, 997 distancí se 4675 úseky pohybu čtyřech různých směrů ve 4 setech utkání. Individuální data pro každou z hráčských specializací (neboli „post“) „Libero“, „Nahrávač“, „Smečář“, „Blokař“ a „Univerzál“ se z důvodu různé participace v rozehrách lišilo. V dalším textu jsou jednotlivé posty uváděny bez uvozovek, ale s velkým písmenem. Četnost individuální participace v rozehrách pro Libero bylo 77,8 % a Blokař participoval v 61 %. Výsledky distancí pohybu byli proto relativizovány pro deskriptivní statistiku ve formě průměrů, směrodatných odchylek a procent. Pro analýzy rozptylů byl tento nevyvážený poměr počtu rozeher pro jednotlivé posty běžný. Poměr rozeher v setech byl vyvážen a jejich počet je znázorněn v Tabulce 3. Celkem 4675 úseků distancí byly kromě celkové analýzy rozděleny do směrů „Vpřed“, „Vzad“, „Vpravo“ a „Vlevo“. V dalším textu jsou jednotlivé směry pohybu uváděny bez uvozovek, ale s velkým písmenem. Pro analýzu celkové distance pohybu byla analyzována horizontální rovina osy X a osy Z. Pro herní zatížení byl evaluován veškerý naměřený pohyb sledovaného bodu ve všech třech osách X, Y, Z v různých rychlostech, které byli blíže popsány v podkapitole 5.2.2.

Tabulka 3: Celkový počet rozeher analyzovaného utkání.

Sety	Roze hry
Set 1 (n)	45
Set 2 (n)	41
Set 3 (n)	40
Set 4 (n)	41
Celkem (n)	167

85 % všech rozeher mělo trvání do 12,4 s a 95 % trvalo do 18 s (Tabulka 5; Obrázek 21). Průměrná délka trvání roze hry dosahovala $7,76 \pm 5,1$ s (Obrázek 22). Minimální čas analyzovaných rozeher dosáhl 1,8 s a maximální čas roze hry v naší práci dosáhl čas 35,7 s. Další deskripce časových údajů lze najít v Tabulce 4. Celkový čas rozeher byl 1265,4 s (21,1 min.)

Hodnota šikmosti „skew“ 1,85 dosáhla vysoké horizontální asymetrie pravděpodobné distribuce veličiny kolem střední hodnoty v pozitivním směru, která potvrzuje pravděpodobnost ne-normálního rozložení dat.

Tabulka 4: Deskriptivní statistika času rozeher analyzovaného utkání v sekundách (s).

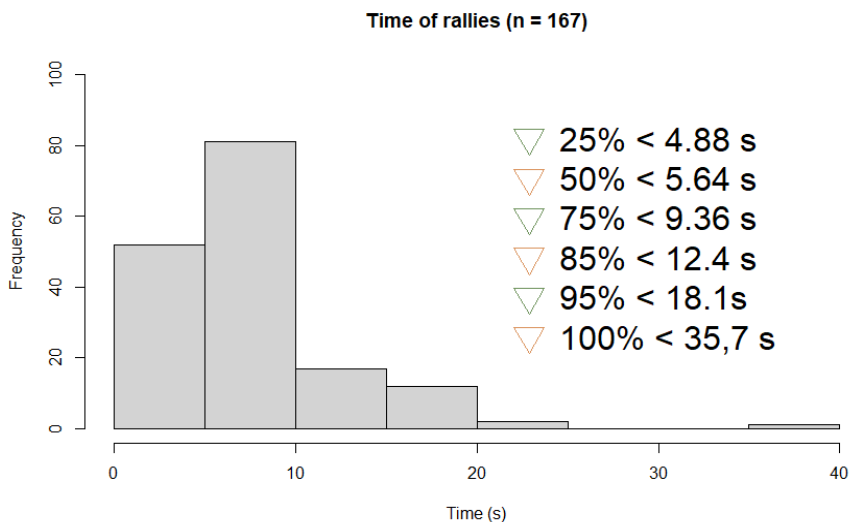
n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
167	7,67	5,06	5,64	6,92	2,55	1,76	35,68	33,92	1,87	5,17	0,39

Legenda: n = počet, mean = průměr, sd = směrodatná odchylka, trimmed = průměr oříznutý o nejvyšší a nejnižší hodnoty, mad = průměrná vzdálenost hodnot od průměru, min = minimum, max = maximum, range = rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou, skew = velikost a směr odchylky od horizontální symetrie pravděpodobný distribuce, kurtosis = koeficient špičatosti, se = standardní chyba průměru.

Tabulka 5: Čas rozeher v kvantilech.

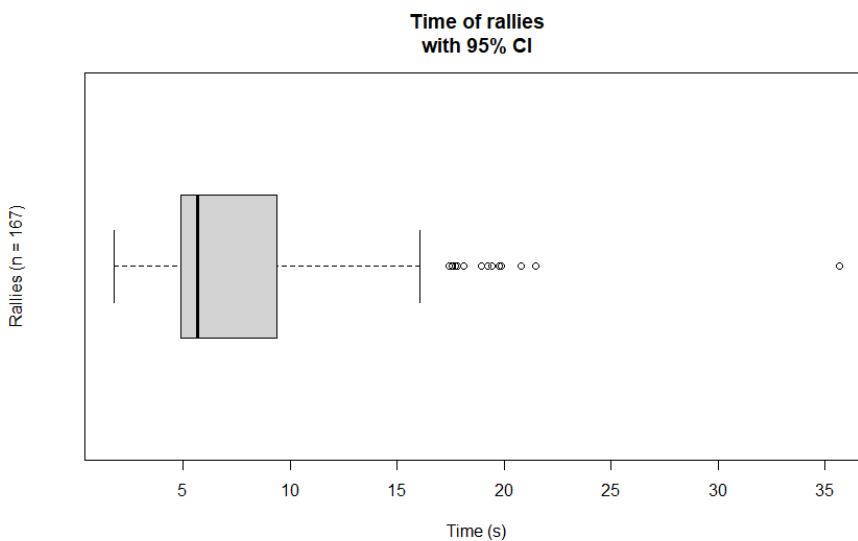
Čas rozeher (s)	Kvantily	Čas rozeher (s)	Kvantily	Čas rozeher (s)	Kvantily
4,88	0,25	9,36	0,75	18,02	0,95
5,64	0,50	12,42	0,85	35,68	1,00

Legenda: s = sekunda



Obrázek 21: Frekvence časového trvání n = 167 rozeher.

Legenda: Time = čas, (s) = sekunda, Frequency = frekvence výskytu, Time of rallies = čas rozeher, n = počet jednotek



Obrázek 22: Krabicový graf průměrného času rozeher dosáhl hodnotu $7,76 \pm 5,1$ s (konfidenční hodnota 95 %).

Legenda: Rallies = roze hry, Time = čas, Time of rallies with 95 % CI = čas rozeher s konfidenční hodnotou 95 %

5.1 ANALÝZA HORIZONTÁLNÍHO POHYBU V OSE X A Z

Deskriptivní statistika celkem 997 distancí evaluovala, že 85 % všech rozeher mělo plošnou distanci pohybu do 14,5 m a 95 % mělo distanci do 22,5 m (Tabulka 7; Obrázek 24). 60 % všech rozeher dosahovalo distanci pohybu od 4,5 do 10,1 m. Průměrná hodnota distance pohybu v rozeře na Obrázku 25 dosahovala $8,6 \pm 6,4$ m. Nejvyšší průměrnou distancí $9,6 \pm 7$ m a taky maximální distancí plošného pohybu 34,2 m v rozeře dosáhl post Libero. Nejnižší průměrnou distancí pohybu v horizontální rovině dosáhli posty Blokař a Univerzál s hodnotou $8,6 \pm 5,7$ m. Libero participovalo v celkem 77,8 % rozehrách. Jeden blokař participoval v celkem 100 rozehrách (60 %) a druhý v celkem 101 rozehrách (60,4 %). Průměrná hodnota šikmosti „skew“ 1,4 dosáhla vysoké horizontální asymetrie pravděpodobný distribuce v pozitivním směru, která potvrzuje ne-normální rozložení dat (Obrázek 26). Libero dosáhlo o 9,4 % větší průměrnou distancí pohybu v horizontální rovině než ostatní posty. V maximálních dosažených distancích pohybu v jedné rozeře se posty mezi sebou lišili nejvíce o 11 % u Libera a Blokaře. Další deskripce distančních údajů lze najít v Tabulce 6.

- V rozsahu 0,7 m až 2 m bylo provedeno $91,8 \pm 1,3$ % úseků distance pohybu. Z toho $43,6 \pm 1,3$ % úseků distancí se skládalo z úseků od 1 do 2 m.

Tabulka 6: Deskriptivní statistika distance rozeher analyzovaného utkání v metrech.

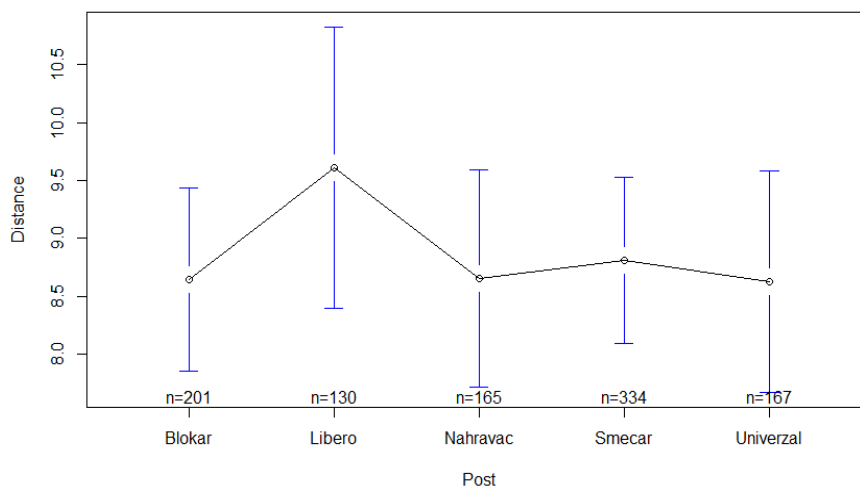
Post	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
Libero	130	9,6	7,0	7,3	8,6	5,1	0,4	34,2	33,8	1,3	1,2	0,6
Nahrávač	167	8,7	6,1	6,9	7,7	4,6	0,7	32,4	31,6	1,5	2,0	0,5
Smečař	334	8,8	6,7	7,1	7,8	5,2	0,2	34,1	34,0	1,4	1,6	0,4
Blokař	201	8,6	5,7	7,8	8,0	4,9	0,1	30,6	30,4	1,1	1,3	0,4
Univerzál	167	8,6	6,3	6,8	7,7	4,6	0,2	32,5	32,3	1,4	2,1	0,5
Celkem	997	8,8	6,4	7,1	7,9	4,9	0,1	34,2	34,0	1,4	1,8	0,2

Legenda: n = počet, mean = průměr, sd = směrodatná odchylka, trimmed = průměr oříznutý o nejvyšší a nejnižší hodnoty, mad = průměrná vzdálenost hodnot od průměru, min = minimum, max = maximum, range = rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou, skew = velikost a směr odchylky od horizontální symetrie pravděpodobný distribuce, kurtosis = koeficient špičatosti, se = standardní chyba průměru.

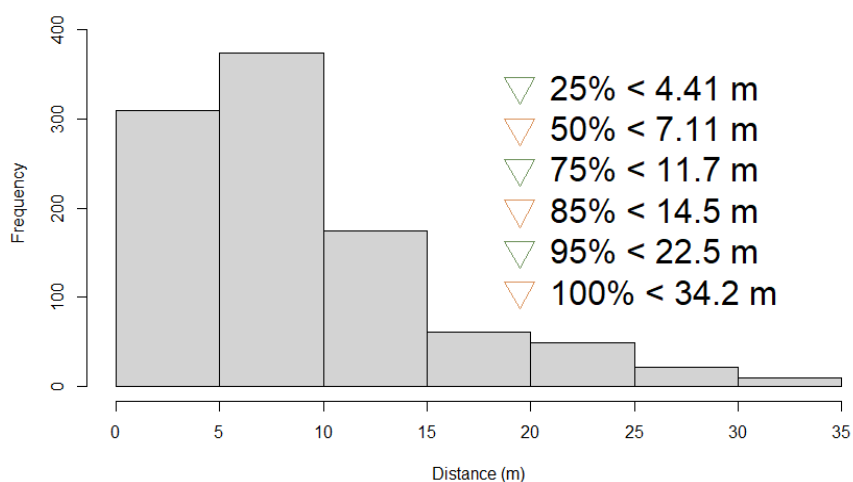
Tabulka 7: Distance (m) rozeher celého družstva v kvantilech.

Distance (m)	Kvantily	Distance (m)	Kvantily	Distance (m)	Kvantily
4,41	0,25	11,70	0,75	22,54	0,95
7,11	0,50	14,50	0,85	34,18	1,00

Legenda: m = metr

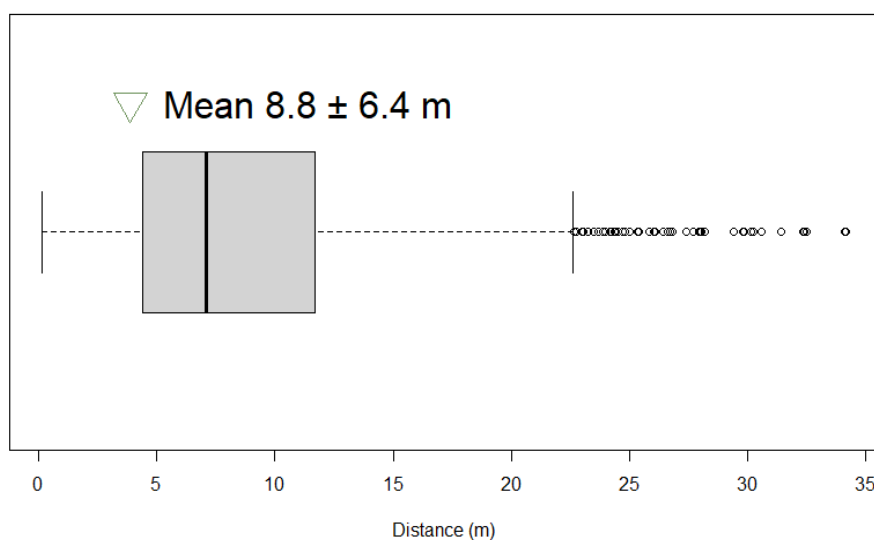


Obrázek 23: Průměrná hodnota celkových distancí pohybu všech hráčských specializací (konfidenční hodnota 95 %).



Obrázek 24: Frekvence celkových distancí pohybu (n = 997).

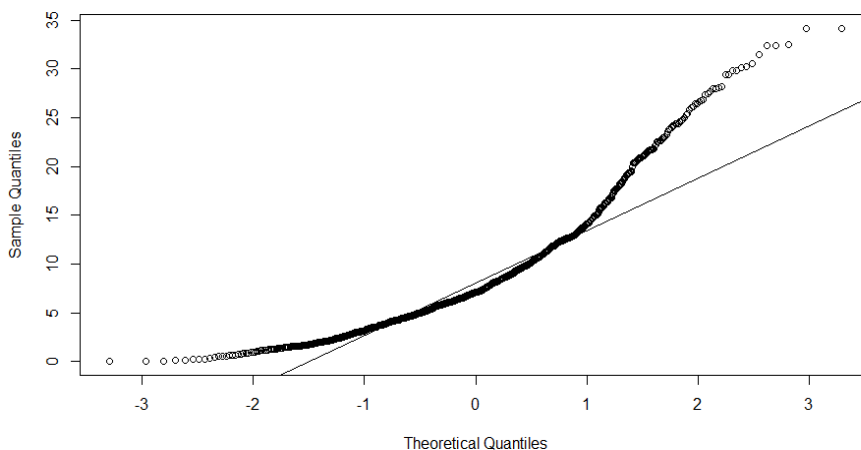
Legenda: (m) = metr, Frequency = frekvence výskytu.



Obrázek 25: Krabicový graf hodnot všech distancí pohybu v horizontální rovině dosáhla hodnotu $8,8 \pm 6,4$ m (konfidenční hodnota 95 %).

Legenda: Mean = průměr, Distance of rallies = distance v rozehrách, n = počet jednotek

Ověření normality rozložení dat bylo provedeno testem Shapiro-Wilk a dosáhly hodnoty $W = 0,89368$, $p = 1,233e-06$. Dále byla zvolena neparametrická analýza rozptylů.



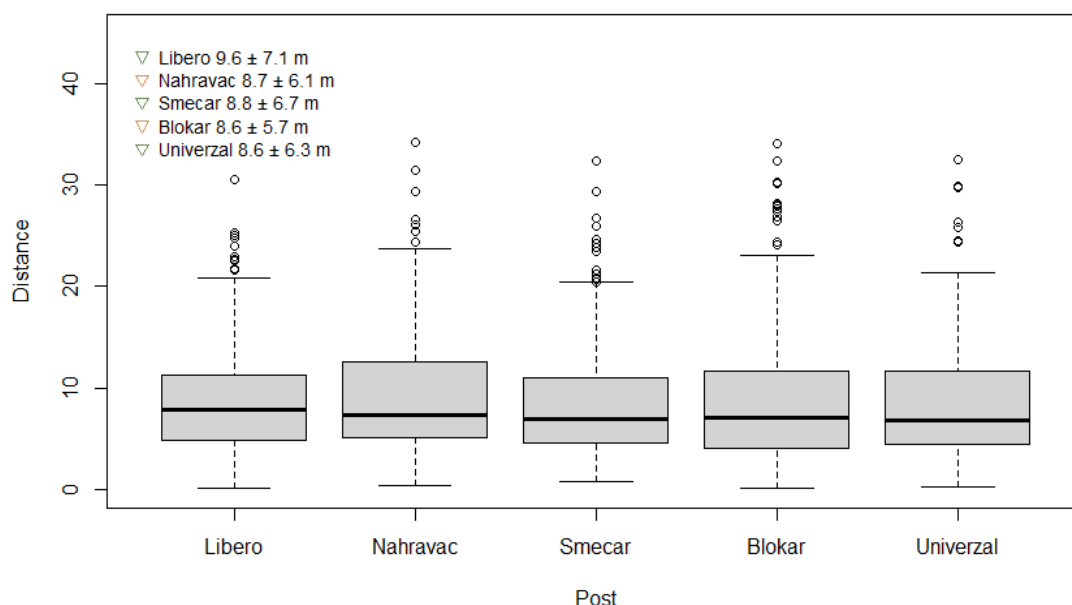
Obrázek 26: Ne-lineární vzor rozložení dat distance pohybu.
Legenda: Theoretical Quantiles = teoretické kvantily, Sample Quantiles = kvantily měřeného vzorku

Jednofaktorová neparametrická analýza rozptylu neprokázala sig. rozdíl mezi distancemi pohybu jednotlivých postů (Kruskal-Wallis chi-squared = 2,1122, $df = 4$, $p = 0,7151$). Výsledky vícenásobné komparace p hodnot (post-hoc metoda Bonferroni) jsou v Tabulce 8. Nejtěsnější rozdíl distance pohybu dosáhli posty Blokař a Nahrávač ($p = 0,19$) a Nahrávač a Univerzál ($p = 0,27$). Medián hodnota dosahovala mezi jednotlivými posty rozdílu až 12 %, ale směrodatné odchylky distancí variovali v rámci až 73 % z průměrné distance pohybu.

Tabulka 8: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot distancí pohybu mezi posty ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).

	Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1	Blokar - Libero	-0,73841819	0,4602604	1
2	Blokar - Nahravac	-1,30910288	0,1904995	1
3	Libero - Nahravac	-0,61670056	0,5374323	1
4	Blokar - Smecar	-0,17392738	0,8619225	1
5	Libero - Smecar	0,46994674	0,6383931	1
6	Nahravac - Smecar	1,01283377	0,3111396	1
7	Blokar - Univerzál	-0,05688441	0,9546373	1
8	Libero - Univerzál	0,57807588	0,5632129	1
9	Nahravac - Univerzál	1,11092377	0,2666012	1
10	Smecar - Univerzál	0,10166195	0,9190250	1

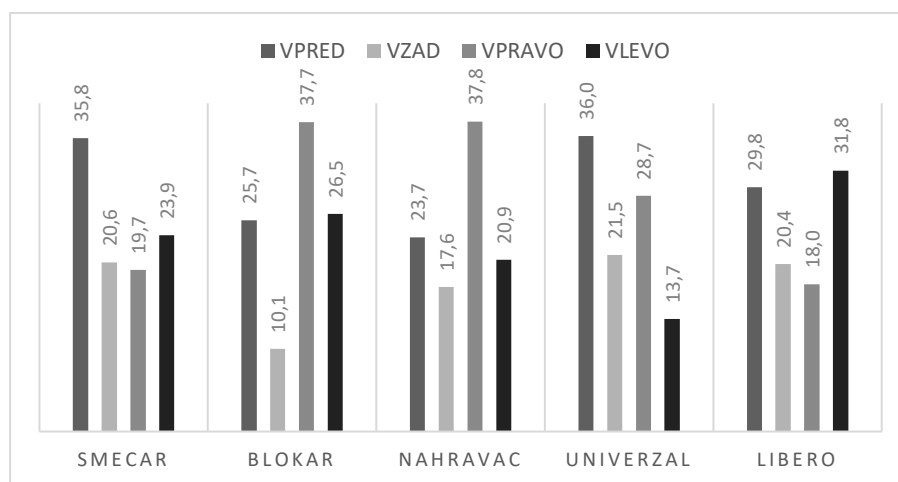
Legenda: Comparison = komparace, Z = hodnoty Z-testu, P.unadj = neupravené hodnoty p, P.adj = upravené hodnoty p.



Obrázek 27: Krabicový graf hodnot celkových distancí pohybu všech hráčských specializací (konfidenční hodnota 95 %).
Legenda: Vlevo nahoře jsou zobrazeny průměrné hodnoty distance postů se směrodatnými odchylkami.

5.1.1 Analýza směru pohybu

Pro deskripci dat směru pohybu v této práci, jsme z expertního hlediska filtrovaly vzdálenost jednotlivých úseků pohybu ve třech rozsazích: 0,7 m a více; 0 m až 0,7 m; 0 m a více. V prvním rozsahu od 0,7 m a více směrem Vpřed dosahovali hráči hodnot od 149,6 m pro post Blokař (60% participace v rozehrách) a nejvyšší hodnotu 369,3 m dosáhl post Smečař. Z hlediska neúplné participace ve všech rozehrách všech hráčů je vhodnější procentuální evaluace v Obrázku 28 a Tabulkách 9, 10 a 11 a sumarizaci lze najít v Tabulce 12. Nejvyšší poměr pohybu dosáhl post Smečař pro směr Vpřed (35,8 %), Blokař pro směr Vpravo (37,7 %), Nahrávač pro směr Vpravo (37,8 %), Univerzál pro směr Vpřed (36 %) a Libero pro směr Vlevo (31,8 %). Nejnižší poměr pohybu dosáhl post Smečař pro směr Vpravo (19,7 %), Blokař pro směr Vzad (10,1 %), Nahrávač pro směr Vzad (17,6 %), Univerzál pro směr Vlevo (13,7 %) a Libero pro směr Vpravo (18 %).



Obrázek 28: Frekvence (%) směrů pohybu (od 0,7 m a více) pro jednotlivé hráčské specializace.

Tabulka 9: Distance (m) a frekvence (%) směrů pohybu (od 0,7 m a více) pro jednotlivé hráčské specializace v horizontální rovině.

Rozmezí < 0,7 a více >		Vpřed	Vzad	Vpravo	Vlevo	Celkem/Rel
Smečář (mean)	distance [m]	369,3	198,8	200,6	213,4	982,0
	frekvence [%]	35,8	20,6	19,7	23,9	/46,5 m/min
Blokař (mean)	distance [m]	149,6	51,4	216,3	149,3	566,7
	frekvence [%]	25,7	10,1	37,7	26,5	/26,8 m/min
Nahrávač	distance [m]	208,4	128,1	312,5	166,1	815,2
	frekvence [%]	23,7	17,6	37,8	20,9	/38,8 m/min
Univerzál	distance [m]	380,6	206,6	265,7	131,3	984,1
	frekvence [%]	36,0	21,5	28,7	13,7	/46,6 m/min
Libero	distance [m]	260,1	157,3	132,0	248,6	798,1
	frekvence [%]	29,8	20,4	18,0	31,8	37,8 m/min

Legenda: m = metr, mean = průměr mezi hodnotami hráčů, kteří zastupovali stejnou hráčskou specializaci (post), Rel = relativní distance za min.

Post Nahrávač dosáhl v rozsahu distance od 0,7 m a více za celé utkání 4 setů o 17 % méně než post Smečář a Univerzál. Post Smečář a Univerzál dosahovali směrem Vpřed o přibližně 30 % více než ostatní posty. Pohyb Vzad představoval u hráčů průměrně (mimo nejnižší hodnoty Blokaře 10,1 %) 20 % pohybu. Předozadní pohyb tvořil u postu Smečář 56,4 %, 35,8 % u Blokaře, 41,3 % u Nahrávače, 57,5 % u Univerzála a 50,2 % u Libera.

Nejvyšší poměr pohybu v druhém rozsahu od 0 m a více směrem Vpřed dosahoval post Smečář s 29,4 %, což je o 18 % méně než v předchozím rozsahu. Naopak, směr Vzad dosáhl o 13 % více a směr Vlevo o 17 % více. Blokař dosáhl pro směr Vpravo o 14,5 % méně ve srovnání s rozsahem 0,7 m a více, směr Vzad navýšil o v plném rozsahu o 20,5 %. Nahrávač snížil rozdíl mezi směry Vpřed a Vzad z 28 % na 2,4 % při započítání úseků 0,7 m a méně. Pro směr Vpravo dosáhl hodnotu 39,1 %, která je přibližně o 50 % větší než u všech dalších směrů. Univerzál pro směr Vpřed snížil distanci z 36 % na 31 % a nejvíce jí zvýšil u směru Vlevo z 13,7 % na 16,7 % (o 18 %). Libero snížil hodnotu pro směr Vpřed z 29,8

% na 25,4 % (o 15 %) a zvýšil ji pro směr Vzad o 11,3 %. Nejnižší poměr úseků pohybu dosáhl post Smečář pro směr Vpravo (18 %), Blokař pro směr Vzad (12,7 %), Nahrávač pro směr Vlevo (19,9 %), Univerzál pro směr Vlevo (16,7 %) a Libero pro směr Vpravo (18,2 %). Sumarizaci údajů nalezneme v Tabulce 10. Hráči dosáhli relativní distance $67,2 \pm 13$ m/min.

Tabulka 10: Distance (m) a frekvence (%) směrů pohybu (od 0 m a více) pro jednotlivé hráčské specializace v horizontální rovině.

Rozmezí < 0 a více >		Vpřed	Vzad	Vpravo	Vlevo	Celkem/Rel
Smečář (mean)	distance [m]	528,1	379,9	317,1	423,5	1648,7
	frekvence [%]	29,4	23,6	18,0	28,9	/78,1 m/min
Blokař (mean)	distance [m]	252,1	102,5	342,5	285,8	964,6
	frekvence [%]	27,0	12,7	32,2	27,8	/45,7 m/min
Nahrávač	distance [m]	340,5	270,2	608,0	286,8	1505,5
	frekvence [%]	20,2	20,7	39,1	19,9	/71,4 m/min
Univerzál	distance [m]	546,4	345,0	464,8	229,5	1585,7
	frekvence [%]	31,0	22,1	30,2	16,7	/75,2 m/min
Libero	distance [m]	399,1	290,3	246,9	440,6	1376,8
	frekvence [%]	25,4	23,0	18,2	33,4	/65,3 m/min
Celkem	Mean ±	413,2	277,6	395,9	333,2	1416,3
	Distance [m]	±124,9	±107,1	±142,3	±93,3	±272,1

Legenda: m = metr, mean = průměr mezi hodnotami hráčů, kteří zastupovali stejnou hráčskou specializaci (post), Rel = relativní distance za min.

Nejvyšší poměr pohybu ve třetím rozsahu, naší práci stanovených krátkých úseků od 0 do 0,7 m dosahoval post Smečář 30,1 %, pro směr Vlevo, co je o 21 % více než distance úseků nad 0,7 m (Tabulka 11). Naopak směrem Vpřed dosahoval Smečář o 21 % méně než u úseků 0,7 m a více. Směrem vzad dosahoval Smečář o 13,4 % delší distance v kratších úsecích do 0,7 m než nad 0,7 m. Blokař dosáhl v kratších úsecích směrem Vzad o 25 % větší distanci než v delších nad 0,7 m a směrem Vpravo naopak o 11 % méně. Nahrávač dosáhl v kratších úsecích o 17 % méně směrem Vpřed a o 17 % více směrem Vzad. Univerzál dosáhl v kratších úsecích taky a o 17 % méně směrem Vpřed a o 21 % více směrem Vlevo. Libero pro směr Vpřed dosáhlo o 17,4 % menší distanci než v delších úsecích a ve směru Vzad naopak o 13,2 % více.

Tabulka 11: Distance (m) a frekvence (%) směru pohybu (od 0 m do 0,7 m) pro jednotlivé hráčské specializace v horizontální rovině.

Rozmezí < 0 - 0,7 >		Vpřed	Vzad	Vpravo	Vlevo	Celkem/Rel
Smečař (mean)	distance [m]	173,9	150,3	107,4	205,5	637,1
	frekvence [%]	28,4	23,8	17,8	30,1	/30,2 m/min
Blokař (mean)	distance [m]	96,4	42,5	141,0	113,2	393,1
	frekvence [%]	27,1	13,9	31,6	27,5	/18,6 m/min
Nahrávač	distance [m]	132,1	142,0	295,5	120,7	690,4
	frekvence [%]	19,7	21,2	39,4	19,8	/32,7 m/min
Univerzál	distance [m]	165,8	138,4	199,2	98,2	601,6
	frekvence [%]	29,9	22,3	30,5	17,3	/28,5 m/min
Libero	distance [m]	138,9	133,0	114,8	192,0	578,7
	frekvence [%]	24,6	23,5	18,2	33,7	/27,4 m/min

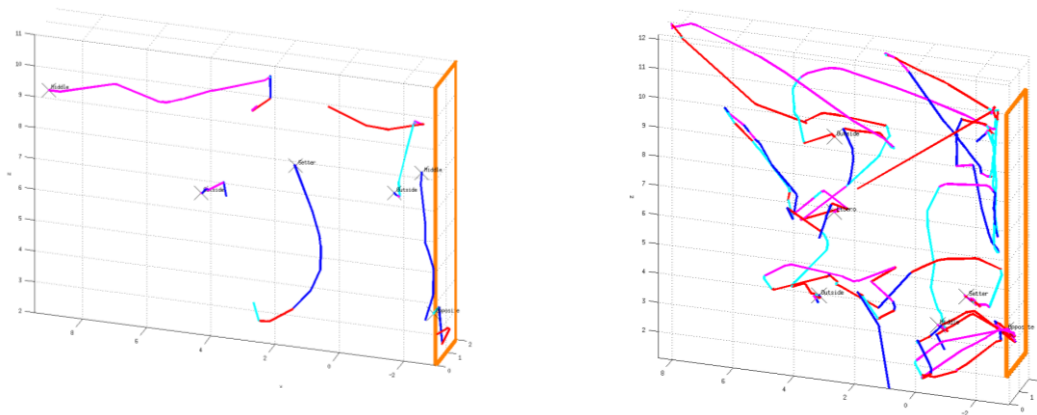
Legenda: m = metr, mean = průměr mezi hodnotami hráčů, kteří zastupovali stejnou hráčskou specializaci (post) , Rel = relativní distance za min.

Tabulka 12: Deskriptivní sumarizace frekvence (%) směru pohybu pro jednotlivé hráčské specializace v horizontální rovině mezi analyzovanými rozsahy.

	Vpřed (%)	Vzad (%)	Vpravo (%)	Vlevo (%)	Celkem (m)
Smečař					
Rozmezí < 0,7 m - Inf >	35,8^{max}	20,6	19,7	23,9	982,0
Rozmezí < 0 m - Inf >	29,9^{max}	21,0	20,0	29,1	1622,5
Rozmezí < 0 m - 0,7 m >	28,8	21,0	20,0	30,1^{max}	640,5 (60,5 %)
Blokař					
Rozmezí < 0,7 m - Inf >	25,7	10,1	37,7^{max}	26,5	566,7
Rozmezí < 0 m - Inf >	25,9	12,9	34,3^{max}	26,9	947,7
Rozmezí < 0 m - 0,7 m >	26,0	13,4	33,6^{max}	27,0	381,1 (59,8 %)
Nahrávač					
Rozmezí < 0,7 m - Inf >	23,7	17,6	37,8^{max}	20,9	815,2
Rozmezí < 0 m - Inf >	20,2	20,7	39,1^{max}	19,9	1505,5
Rozmezí < 0 m - 0,7 m >	19,7	21,2	39,4^{max}	19,8	690,4 (54,1 %)
Univerzál					
Rozmezí < 0,7 m - Inf >	36,0^{max}	21,5	28,7	13,7	984,1
Rozmezí < 0 m - Inf >	31,0^{max}	22,1	30,2	16,7	1585,7
Rozmezí < 0 m - 0,7 m >	29,9	22,3	30,5^{max}	17,3	601,6 (62,1 %)
Libero					
Rozmezí < 0,7 m - Inf >	29,8	20,4	18,0	31,8^{max}	798,1
Rozmezí < 0 m - Inf >	25,4	23,0	18,2	33,4^{max}	1376,8
Rozmezí < 0 m - 0,7 m >	24,6	23,5	18,2	33,7^{max}	578,7 (57,9 %)

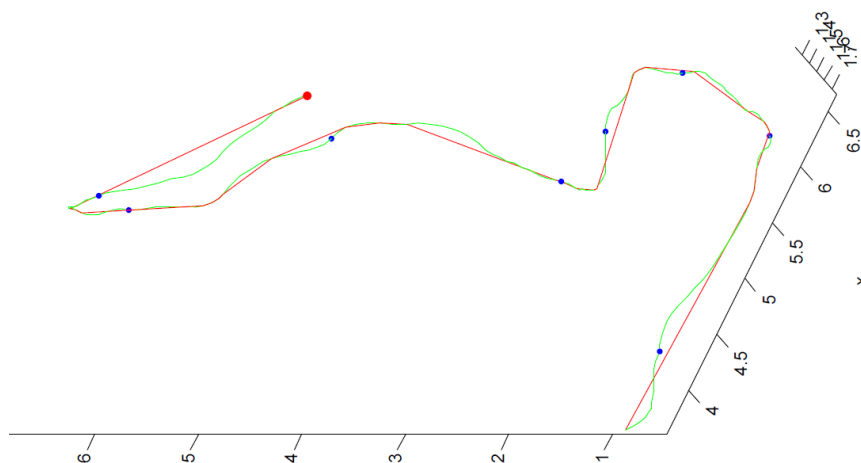
Legenda: Inf = nekonečno, m = metr, max = maximální, červenou barvou jsou vyznačeny největší procentuální rozdíly mezi krátkými distancemi 0 až 0,7 m a delšími úseky 0,7 a více m.

Při hodnocení výše uvedených výsledků je nutné zdůraznit, že v rozsahu 0 m až 0,7 m dosáhl post Smečař 60,5 % z celkové distance pohybu. U Blokaře to bylo 59,8 %, Nahrávač dosáhl 54,1 %, Univerzál dosáhl 62,1 % a Libero 57,9 %.



Obrázek 29: Grafická vizualizace pohybu hráček v různých rozehrách volejbalového utkání ve všech třech rovinách X, Y, Z.
Legenda: Barvy – Fialová = Vpřed, Červená = Vzad, Modrá = Vpravo, Tyrkysová = Vlevo

Na obrázku 29 můžeme pro komparaci vidět příklad grafické vizualizace jednotlivých drah pohybu hráček v rekonstruovaném prostoru. Na obrázku vlevo vidíme kratší rozehru, která obsahuje převážně lineární pohyb s menším počtem změn směrů. Na obrázku vpravo vidíme delší rozehru s četnými změnami pohybu a delší dráhou pohybu. Různé barvy značí různé směry pohybu, které jsou přiřazeny v legendě Obrázku 29. Na Obrázku 30 můžeme vidět grafický příklad simplifikace a vyhlazení drah pohybu jednotlivých úseků před změnou směru o více než 45° . Daná simplifikace nám pomáhá lépe determinovat jeden celkový úsek pohybu z hlediska směru a distance.



Obrázek 30: Vyhlazení trajektorie hráčky pomocí softwaru Matlab (© 1994-2015 The MathWorks, Inc.); trajektorie pohybu hráčky má začátek v červeném bodě, modré body znázorňují sekundový značky.

5.2 ANALÝZA RYCHLOSTI POHYBU

Z hlediska jemnějšího (přehlednějšího) rozdělení rychlostí a zrychlení pohybu, byly výsledky kategorizovány po kvantilech. V Tabulkách 13 až 19 jsou znázorněny výsledky analýzy rychlosti a zrychlení všech čtyřech směrů pohybu pro všechny posty v kvantilech. Hráči dosahovali q50 hodnoty rychlosti od 1,32 m/s směrem Vzad u postů Blokař a Nahrávač, až po maximální rychlost v q50 pro post Nahrávač s hodnotou 2,09 m/s a Blokař s 2,08 m/s. Nejvyšší q50 hodnotu pohybu Vzad dosáhl post Univerzál s 1,58 m/s a Libero s 1,56 m/s. Ve směru Vpravo dosáhl nejvyšší výsledek post Smečář s 1,66 m/s a Vlevo post Blokař s 1,67 m/s. Průměrná rychlost všech směrů dosahovala $1,5 \pm 0,1$ m/s.

Hráči se pohybovali v q50 směrem od sítě (Vzad) průměrně o 26 % pomaleji než ve směru k síti (Vpřed). V q100 se pohybovali směrem Vzad v průměru o 20 % pomaleji. V q50 byl průměrný rozdíl pravo-levé rychlosti pohybu minimální, ale v maximálních rychlostech pohybu dosahovali hráči o 19 % vyšší hodnotu směrem Vpravo než Vlevo.

Maximální rychlosti q100 dosáhl post Libero směrem Vpřed s 7,64 m/s a směrem Vzad s 7,33 m/s (Tabulka 12). Univerzál dosáhl maximální rychlosti mezi posty směrem Vpravo s 4,36 m/s a post Smečář dosáhl maximální rychlosti q100 ve směru Vlevo s 3,17 m/s.

Tabulka 13: Kvantily rychlosti pohybu q50 a q100 všech postů a směrů pohybu.

	Kvantil	Vpřed	Vzad	Vpravo	Vlevo
Smečář - Rychlost [m/s]	q50	1,95	1,47	1,66^{max}	1,49
Blokař - Rychlost [m/s]	q50	2,08	1,32	1,52	1,67^{max}
Nahrávač - Rychlost [m/s]	q50	2,09^{max}	1,32	1,49	1,35
Univerzál - Rychlost [m/s]	q50	1,85	1,58^{max}	1,38	1,49
Libero - Rychlost [m/s]	q50	1,74	1,56	1,55	1,64
	Mean ±	1,9 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1
Smečář - Rychlost [m/s]	q100	4,44	2,49	3,22	3,17^{max}
Blokař - Rychlost [m/s]	q100	3,01	3,11	4,14	2,92
Nahrávač - Rychlost [m/s]	q100	2,76	2,74	3,22	3,07
Univerzál - Rychlost [m/s]	q100	4,16	3,11	4,36^{max}	2,87
Libero - Rychlost [m/s]	q100	7,64^{max}	7,33^{max}	4,25	3,15
	Mean ±	3,6 ± 0,8	2,9 ± 0,3	3,7 ± 0,6	3,0 ± 0,1

Legenda: m = metr, s = sekunda, q = kvantil, Mean ± = průměr se směrodatnou odchylkou, hrubě jsou vyznačeny maximální hodnoty pro daný směr.

Nejvyššího zrychlení v q50 dosáhl v Tabulce 13 směrem Vpřed post Smečář s 3,85 m/s², směrem Vzad to byl post Libero s 1,99 m/s², směrem Vpravo to byl post Libero s 2,58 m/s² a směrem Vlevo to byl post Blokař s 3,09 m/s². Maximální zrychlení dosáhl post Smečář směrem Vpřed s 27,7 m/s², Vzad Libero s 22,9 m/s², Vpravo a Vlevo Blokař s 20,7 m/s² a 10,4 m/s².

Hráči dosahovali v q50 směrem od sítě (Vzad) průměrně o 43 % nižšího zrychlení, než ve směru k síti (Vpřed). V q100 dosahovali směrem Vzad v průměru o 37 % nižší zrychlení než Vpřed. V q50 byl průměrný rozdíl pravo-levého zrychlení pohybu minimální, ale v maximálních rychlostech pohybu dosahovali hráči o 10 % vyšší hodnotu směrem Vpravo než Vlevo.

Tabulka 14: Kvantily zrychlení pohybu q50 a q100 všech postů a směrů pohybu.

	Kvantil	Vpřed	Vzad	Vpravo	Vlevo
Smečař - Zrychlení [m/(s ²)]	q50	3,69	1,72	1,97	2,16
Blokař - Zrychlení [m/(s ²)]	q50	3,85^{max}	1,59	2,47	3,09^{max}
Nahrávač - Zrychlení [m/(s ²)]	q50	3,20	1,68	2,04	1,79
Univerzál - Zrychlení [m/(s ²)]	q50	2,55	1,85	1,70	1,77
Libero - Zrychlení [m/(s ²)]	q50	2,58	1,99^{max}	2,58^{max}	2,42
	Mean ±	3,0 ± 0,6	1,7 ± 0,1	2,1 ± 0,3	2,0 ± 0,3
Smečař - Zrychlení [m/(s ²)]	q100	27,74^{max}	6,22	7,22	7,21
Blokař - Zrychlení [m/(s ²)]	q100	10,75	8,65	20,72^{max}	10,44^{max}
Nahrávač - Zrychlení [m/(s ²)]	q100	8,43	6,22	9,45	8,66
Univerzál - Zrychlení [m/(s ²)]	q100	14,85	8,64	7,89	8,05
Libero - Zrychlení [m/(s ²)]	q100	12,82	22,92^{max}	12,52	9,77
	Mean ±	11,7 ± 2,8	7,4 ± 1,4	9,3 ± 2,4	8,4 ± 1,1

Legenda: m = metr, s² = kvadrát sekundy, q = kvantil, Mean ± = průměr se směrodatnou odchylkou, hrubě jsou vyznačeny maximální hodnoty pro daný směr.

Tabulka 15: Kvantily rychlosti a zrychlení postu Smečař v analyzovaném utkání.

	Kvantil	Vpřed	Vzad	Vpravo	Vlevo
Rychlost [m/s]	q0	0,94	0,37	0,39	0,49
Rychlost [m/s]	q10	1,21	0,58	0,77	0,63
Rychlost [m/s]	q20	1,43	0,95	1,02	1,00
Rychlost [m/s]	q30	1,60	1,15	1,19	1,20
Rychlost [m/s]	q40	1,81	1,28	1,43	1,38
Rychlost [m/s]	q50	1,95	1,47	1,66	1,49
Rychlost [m/s]	q60	2,21	1,70	1,83	1,66
Rychlost [m/s]	q70	2,45	1,85	1,97	1,82
Rychlost [m/s]	q80	2,65	1,94	2,16	1,95
Rychlost [m/s]	q90	2,86	2,11	2,31	2,09
Rychlost [m/s]	q100	4,44	2,49	3,22	3,17
Zrychlení [m/(s ²)]	q0	0,53	0,19	0,19	0,28
Zrychlení [m/(s ²)]	q10	1,25	0,39	0,56	0,41
Zrychlení [m/(s ²)]	q20	1,94	0,93	0,96	1,01
Zrychlení [m/(s ²)]	q30	2,64	1,26	1,22	1,40
Zrychlení [m/(s ²)]	q40	2,92	1,43	1,62	1,68
Zrychlení [m/(s ²)]	q50	3,69	1,72	1,97	2,16
Zrychlení [m/(s ²)]	q60	4,70	1,99	2,27	2,67
Zrychlení [m/(s ²)]	q70	5,53	2,37	3,30	3,27
Zrychlení [m/(s ²)]	q80	6,26	3,27	4,02	3,65
Zrychlení [m/(s ²)]	q90	7,68	4,18	5,04	4,20
Zrychlení [m/(s ²)]	q100	27,74	6,22	7,22	7,21

Legenda: m = metr, s = sekunda, s² = kvadrát sekundy, q = kvantil

Herní specializace Smečář dosahovala v Tabulce 15 o 43 % nižší maximální rychlosti pohybu směrem Vzad ve srovnání se směrem Vpřed. Maximální rychlost mezi pohybem Vpravo a Vlevo dosahovala rozdílu 1,5 %. Maximální zrychlení pohybu směrem Vpřed dosáhlo o 77,5 % větší hodnoty než ve směru Vzad. Maximální zrychlení mezi pohybem Vpravo a Vlevo dosahovalo rozdílu 0,13 %.

Tabulka 16: Kvantily rychlosti a zrychlení postu Blokař v analyzovaném utkání.

	Kvantil	Vpřed	Vzad	Vpravo	Vlevo
Rychlost [m/s]	q0	0,74	0,52	0,33	0,30
Rychlost [m/s]	q10	1,17	0,52	0,71	0,65
Rychlost [m/s]	q20	1,50	0,87	0,91	1,30
Rychlost [m/s]	q30	1,72	1,05	1,15	1,45
Rychlost [m/s]	q40	1,96	1,25	1,35	1,55
Rychlost [m/s]	q50	2,08	1,32	1,52	1,67
Rychlost [m/s]	q60	2,21	1,37	2,01	1,77
Rychlost [m/s]	q70	2,31	1,68	2,34	1,92
Rychlost [m/s]	q80	2,42	1,99	2,63	2,16
Rychlost [m/s]	q90	2,61	2,09	2,95	2,35
Rychlost [m/s]	q100	3,01	3,11	4,14	2,92
Zrychlení [m/(s ²)]	q0	0,69	0,22	0,09	0,11
Zrychlení [m/(s ²)]	q10	1,29	0,38	0,38	0,41
Zrychlení [m/(s ²)]	q20	1,62	0,73	0,89	1,37
Zrychlení [m/(s ²)]	q30	2,51	1,05	1,45	1,91
Zrychlení [m/(s ²)]	q40	3,17	1,38	1,69	2,66
Zrychlení [m/(s ²)]	q50	3,85	1,59	2,47	3,09
Zrychlení [m/(s ²)]	q60	4,71	2,01	2,80	3,39
Zrychlení [m/(s ²)]	q70	5,39	2,24	4,38	4,07
Zrychlení [m/(s ²)]	q80	5,64	2,47	7,15	4,20
Zrychlení [m/(s ²)]	q90	6,28	5,55	9,30	5,33
Zrychlení [m/(s ²)]	q100	10,75	8,65	20,72	10,44

Legenda: m = metr, s = sekunda, s² = kvadrát sekundy, q = kvantil

Herní specializace Blokař dosahovala v Tabulce 16 o 3,2 % vyšší maximální rychlosti pohybu směrem Vzad ve srovnání se směrem Vpřed. Maximální rychlost směru Vpravo dosahovala o 29,5 % větší hodnotu než směr Vlevo. Maximální zrychlení pohybu směrem Vpřed dosáhlo o 19,5 % větší hodnoty než ve směru Vzad. Maximální zrychlení směru Vpravo dosahovalo hodnotu o 49,6 % vyšší než směr Vlevo.

Herní specializace Nahrávač dosahovala v Tabulce 17 o 0,7 % vyšší maximální rychlosti pohybu směrem Vpřed ve srovnání se směrem Vzad. Maximální rychlost směru Vpravo dosahovala o 4,7% větší hodnotu než směr Vlevo. Maximální zrychlení pohybu směrem Vpřed dosáhlo o 26,2 % větší hodnoty než ve směru Vzad. Maximální zrychlení směru Vpravo dosahovalo hodnotu o 8,3 % vyšší než směr Vlevo.

Tabulka 17: Kvantily rychlosti a zrychlení postu Nahrávač v analyzovaném utkání

	Kvantil	Vpřed	Vzad	Vpravo	Vlevo
Rychlost [m/s]	q0	0,54	0,49	0,60	0,62
Rychlost [m/s]	q10	1,12	0,77	0,89	0,90
Rychlost [m/s]	q20	1,38	0,94	1,21	0,98
Rychlost [m/s]	q30	1,63	1,06	1,31	1,06
Rychlost [m/s]	q40	1,78	1,19	1,39	1,20
Rychlost [m/s]	q50	2,09	1,32	1,49	1,35
Rychlost [m/s]	q60	2,19	1,41	1,64	1,53
Rychlost [m/s]	q70	2,31	1,52	1,81	1,65
Rychlost [m/s]	q80	2,42	1,65	1,93	1,76
Rychlost [m/s]	q90	2,61	1,90	2,40	2,41
Rychlost [m/s]	q100	2,76	2,74	3,22	3,07
Zrychlení [m/(s ²)]	q0	0,29	0,33	0,35	0,53
Zrychlení [m/(s ²)]	q10	1,04	0,69	0,89	0,75
Zrychlení [m/(s ²)]	q20	1,92	0,93	1,20	1,03
Zrychlení [m/(s ²)]	q30	2,18	1,16	1,51	1,26
Zrychlení [m/(s ²)]	q40	2,47	1,33	1,78	1,40
Zrychlení [m/(s ²)]	q50	3,20	1,68	2,04	1,79
Zrychlení [m/(s ²)]	q60	3,34	1,78	2,33	2,12
Zrychlení [m/(s ²)]	q70	3,70	2,20	2,74	2,46
Zrychlení [m/(s ²)]	q80	4,67	2,61	3,33	3,06
Zrychlení [m/(s ²)]	q90	5,54	3,73	4,66	3,95
Zrychlení [m/(s ²)]	q100	8,43	6,22	9,45	8,66

Legenda: m = metr, s = sekunda, s² = kvadrát sekundy, q = kvantil

Tabulka 18: Kvantily rychlosti a zrychlení postu Univerzál v analyzovaném utkání

	Kvantil	Vpřed	Vzad	Vpravo	Vlevo
Rychlost [m/s]	q0	0,37	0,60	0,42	0,36
Rychlost [m/s]	q10	1,04	0,98	0,70	0,64
Rychlost [m/s]	q20	1,34	1,26	0,84	0,96
Rychlost [m/s]	q30	1,51	1,36	1,14	1,21
Rychlost [m/s]	q40	1,72	1,43	1,27	1,32
Rychlost [m/s]	q50	1,85	1,58	1,38	1,49
Rychlost [m/s]	q60	2,06	1,62	1,56	1,63
Rychlost [m/s]	q70	2,17	1,65	1,72	1,75
Rychlost [m/s]	q80	2,40	1,82	1,80	2,03
Rychlost [m/s]	q90	2,60	1,97	2,04	2,42
Rychlost [m/s]	q100	4,16	3,11	4,36	2,87
Zrychlení [m/(s ²)]	q0	0,15	0,47	0,18	0,12
Zrychlení [m/(s ²)]	q10	1,05	0,86	0,42	0,29
Zrychlení [m/(s ²)]	q20	1,45	1,03	0,79	0,85
Zrychlení [m/(s ²)]	q30	1,69	1,51	1,20	1,16
Zrychlení [m/(s ²)]	q40	2,11	1,70	1,48	1,35
Zrychlení [m/(s ²)]	q50	2,55	1,85	1,70	1,77
Zrychlení [m/(s ²)]	q60	3,30	2,07	1,93	2,17
Zrychlení [m/(s ²)]	q70	3,78	2,32	2,29	2,67
Zrychlení [m/(s ²)]	q80	5,41	2,66	3,25	3,14
Zrychlení [m/(s ²)]	q90	6,07	3,31	4,52	3,81
Zrychlení [m/(s ²)]	q100	14,85	8,64	7,89	8,05

Legenda: m = metr, s = sekunda, s² = kvadrát sekundy, q = kvantil

Herní specializace Univerzál dosahovala v Tabulce 18 o 25,2 % vyšší maximální rychlosti pohybu směrem Vpřed ve srovnání se směrem Vzad. Maximální rychlost směru Vpravo dosahovala o 34,2 % větší hodnotu než směr Vlevo. Maximální zrychlení pohybu směrem Vpřed dosáhlo o 41,8 % větší hodnoty než ve směru Vzad. Maximální zrychlení směru Vlevo dosahovalo hodnotu o 2 % vyšší než směr Vpravo.

Tabulka 19: Kvantily rychlosti a zrychlení postu Libero v analyzovaném utkání

	Kvantil	Vpřed	Vzad	Vpravo	Vlevo
Rychlost [m/s]	q0	0,64	0,57	0,70	0,62
Rychlost [m/s]	q10	1,03	0,79	0,92	0,79
Rychlost [m/s]	q20	1,24	0,98	1,16	0,98
Rychlost [m/s]	q30	1,36	1,08	1,29	1,20
Rychlost [m/s]	q40	1,49	1,29	1,45	1,41
Rychlost [m/s]	q50	1,74	1,56	1,55	1,64
Rychlost [m/s]	q60	1,92	1,73	1,75	1,84
Rychlost [m/s]	q70	2,16	1,92	1,96	2,01
Rychlost [m/s]	q80	2,43	2,28	2,06	2,16
Rychlost [m/s]	q90	2,72	3,06	2,37	2,48
Rychlost [m/s]	q100	7,64	7,33	4,25	3,15
Zrychlení [m/(s ²)]	q0	0,29	0,35	0,44	0,27
Zrychlení [m/(s ²)]	q10	0,86	0,72	0,88	0,59
Zrychlení [m/(s ²)]	q20	1,41	0,86	1,28	0,98
Zrychlení [m/(s ²)]	q30	1,75	1,23	1,58	1,27
Zrychlení [m/(s ²)]	q40	1,88	1,50	2,10	1,93
Zrychlení [m/(s ²)]	q50	2,58	1,99	2,58	2,42
Zrychlení [m/(s ²)]	q60	3,02	2,84	3,04	3,26
Zrychlení [m/(s ²)]	q70	3,76	3,69	3,63	3,63
Zrychlení [m/(s ²)]	q80	4,55	4,53	4,06	4,53
Zrychlení [m/(s ²)]	q90	5,71	6,05	5,34	5,47
Zrychlení [m/(s ²)]	q100	12,82	22,92	12,52	9,77

Legenda: m = metr, s = sekunda, s² = kvadrát sekundy, q = kvantil

Herní specializace Libero dosahovala v Tabulce 19 o 4 % vyšší maximální rychlosti pohybu směrem Vpřed ve srovnání se směrem Vpřed. Maximální rychlost směru Vpravo dosahovala o 25,8 % větší hodnotu než směr Vlevo. Maximální zrychlení pohybu směrem Vzad dosáhlo o 44,1 % větší hodnoty než ve směru Vzad. Maximální zrychlení směru Vpravo dosahovalo hodnotu o 21,9 % vyšší než směr Vlevo.

5.3 ANALÝZA HERNÍHO ZATÍŽENÍ

5.3.1 Celkové herní zatížení ve všech třech rovinách X, Y, Z

Deskriptivní statistika celkem 997 distancí evaluovala, že 85 % všech rozehér mělo celkové herní zatížení HZ_{Full} do 417,5 a 95 % dosahovalo HZ do 654,1 (Tabulka 20; Obrázek 35). Průměrná hodnota HZ_{Full} v Tabulce 21 dosahovala pro rozehru $252,2 \pm 188,9$ s hodnotou mediánu 200,5. Nejvyšší průměrné HZ_{Full} dosáhl post Libero s hodnotou $294,5 \pm 212,5$ a tato hodnota se odlišovala od ostatních hráčů o přibližně 18 %, ale dosahovala taky nejvyšší směrodatnou odchylku. Nejnižší průměrnou hodnotu HZ_{Full} dosáhl post Univerzál s $228,5 \pm 178,4$. Průměrná hodnota „skew“ 1,7 dosáhla vysoké horizontální asymetrie pravděpodobný distribuce v pozitivním směru, která potvrzuje ne-normální rozložení dat (Obrázek 27). Další deskripce distančních údajů lze najít v Tabulce 21 a analýzu rozptylů jednotlivých sekcí herních zatížení lze najít vždy níže, pod deskriptivní částí.

Tabulka 20: Herní zatížení rozehér v kvantilech.

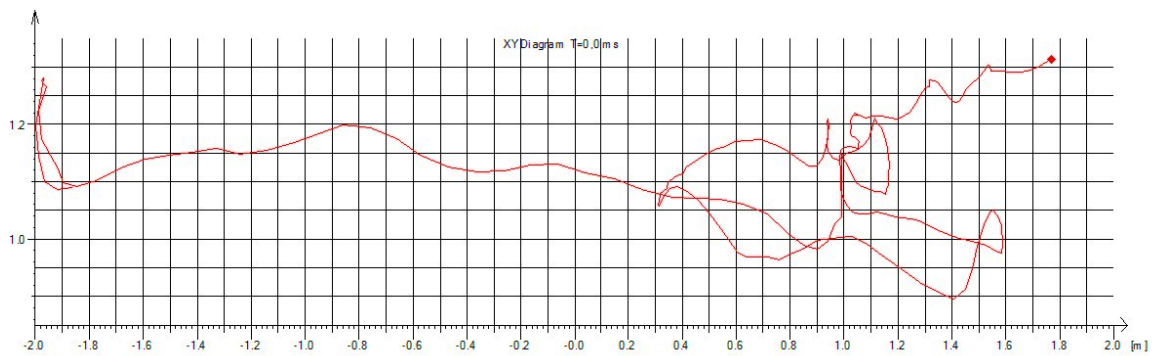
HZ rozehér	Kvantily	HZ rozehér	Kvantily	HZ rozehér	Kvantily
129,055	0,25	317,29	0,75	654,1	0,95
200,49	0,50	417,54	0,85	1157,11	1

Legenda: HZ = herní zatížení

Tabulka 21: Deskriptivní statistika celkového herního zatížení HZ_{Full} jednotlivých hráčských specializací v rozehrách analyzovaného utkání.

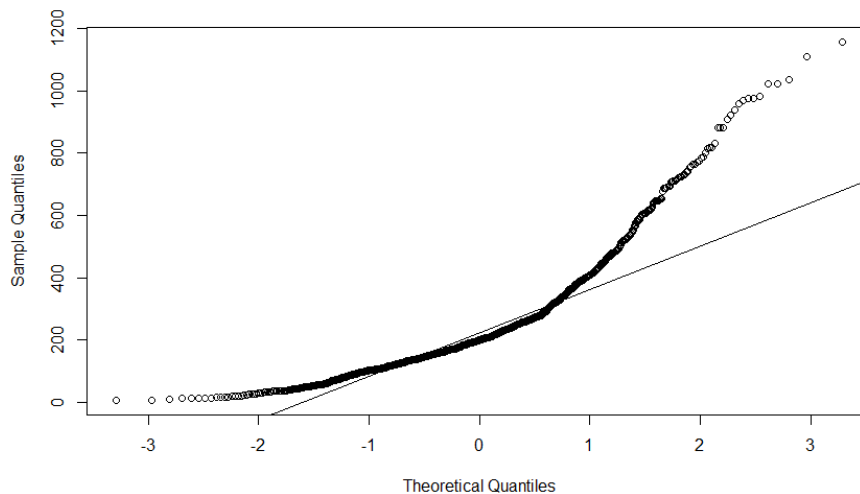
Post	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
Libero	130	294,5	212,5	215,6	265,4	132,8	11,8	1034,9	1023,1	1,3	1,2	18,6
Nahrávač	167	230,9*	164,5	189,3	206,8	122,0	15,0	976,7	961,7	1,6	3,1	12,8
Smečář	334	252,4	196,2	192,8	221,0	125,9	6,6	1157,1	1150,6	1,7	3,1	10,7
Blokař	201	261,1	183,7	220,6	234,7	104,2	9,0	1109,8	1100,8	1,7	3,5	12,9
Univerzál	167	228,5*	178,4	165,5	200,3	108,8	13,8	1021,9	1008,0	1,9	4,3	13,8
Celkem	997	252,2	188,9	200,5	222,6	122,7	6,6	1157,1	1150,6	1,7	3,1	6,0

Legenda: n = počet, mean = průměr, sd = směrodatná odchylka, trimmed = průměr oříznutý o nejvyšší a nejnižší hodnoty, mad = průměrná vzdálenost hodnot od průměru, min = minimum, max = maximum, range = rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou, skew = velikost a směr odchylky od horizontální symetrie pravděpodobný distribuce, kurtosis = koeficient špičatosti, se = standardní chyba průměru. * = sig. významný rozdíl ($p < 0,05$)



Obrázek 31: Příklad – Diagram pohybu postu Nahrávač v horizontální rovině X, Z v metrech znázorněný softwarem Tema Biomechanics 2.3.

Ověření normality rozložení dat bylo provedeno testem Shapiro-Wilk a dosáhly hodnoty $W = 0,89368$, $p = 1,233e-06$. Test homogenity rozptylu dosáhl výsledky „Bartlett's K-squared“ = 5,5907, $df = 4$, $p = 0,2319$. Dále byla zvolena neparametrická analýza rozptylů.



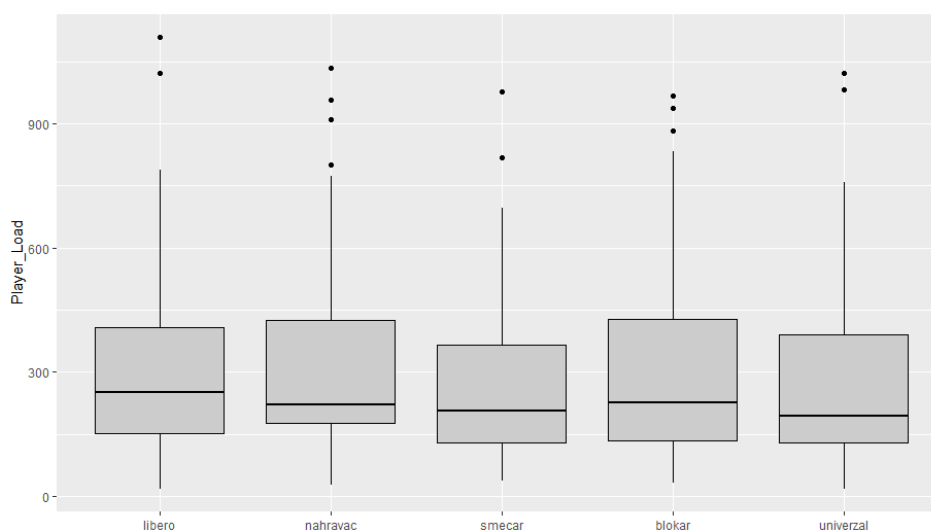
Obrázek 32: Ne-lineární vzor rozložení dat distance pohybu.
Legenda: Theoretical Quantiles = teoretické kvantily, Sample Quantiles = kvantily měřeného vzorku

Jednofaktorová neparametrická analýza rozptylu prokázala sig. rozdíl mezi celkovým herním zatížením pohybu jednotlivých postů (Kruskal-Wallis chi-squared = 14,897, $df = 4$, $p = 0,004919$). Výsledky vícenásobné komparace p hodnot (post-hoc metoda Bonferroni) jsou v Tabulce 22 a naznačují statisticky významnou rozdílnost mezi HZ_{Full} postů Nahrávač a Univerzál ($p < 0,05$).

Tabulka 22: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot celkového herního zatížení ve všech rovinách mezi posty ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).

	Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1	Blokar - Libero	-1,6162017	0,106050719	1,00000000
2	Blokar - Nahravac	-2,3748422	0,017556452	0,17556452
3	Libero - Nahravac	-0,9011250	0,367521881	1,00000000
4	Blokar - Smecar	0,6534632	0,513457710	1,00000000
5	Libero - Smecar	1,9654608	0,049360927	0,49360927
6	Nahravac - Smecar	2,6234670	0,008703987	0,08703987
7	Blokar - Univerzal	1,4194849	0,155757691	1,00000000
8	Libero - Univerzal	2,6645136	0,007709976	0,07709976
9	Nahravac - Univerzal	3,2503417	0,001152664	0,01152664
10	Smecar - Univerzal	0,6591180	0,509819977	1,00000000

Legenda: Comparison = komparace, Z = hodnoty Z-testu, P.unadj = neupravené hodnoty p, P.adj = upravené hodnoty p, Žlutá barva vyznačuje dvojici sig. významnosti $p < 0,05$.



Obrázek 33: Krabicový graf hodnot herního zatížení jednotlivých hráčských specializací (konfidenční hodnota 95 %).

Legenda: Player Load = Herní zatížení hráče

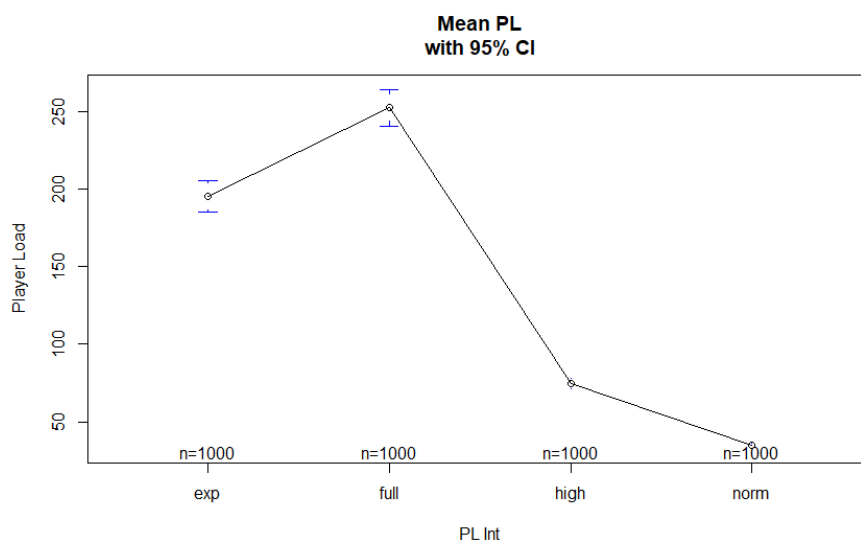
Z hlediska celkového herního zatížení jsme rozdělili HZ na 4 intenzity HZ_{Full} , HZ_{Exp} , HZ_{High} a HZ_{Norm} . Explosivní herní zatížení HZ_{Exp} dosáhlo průměrnou hodnotu $195,1 \pm 162,8$ s maximální hodnotou v rozehrách do 1002,3. Střední herní zatížení HZ_{Norm} v zrychlení od 0 do 2 m/s^2 mělo nejnižší průměrnou hodnotu $34,7 \pm 26,6$ ze všech. Vysoké herní zatížení HZ_{High} v zrychlení od 2 do $3,5 \text{ m/s}^2$ dosáhlo průměrnou hodnotu $74,5 \pm 52$. Maximální hodnoty HZ_{Norm} a HZ_{High} dosáhli v rozehrách 258,2 a 269,4. Relativně pomalejší pohyby HZ_{Norm} tvořili jenom 14 %. Další údaje lze najít v Tabulce 23.

Z analyzovaných výsledků musíme zdůraznit, že **explosivní HZ_{Exp} (pohyb se zrychlením nad $3,5 \text{ m/s}^2$) tvořil 77,4 % z celkového HZ.**

Tabulka 23: Deskriptivní statistika herního zatížení jednotlivých intenzit v rozehrách analyzovaného utkání.

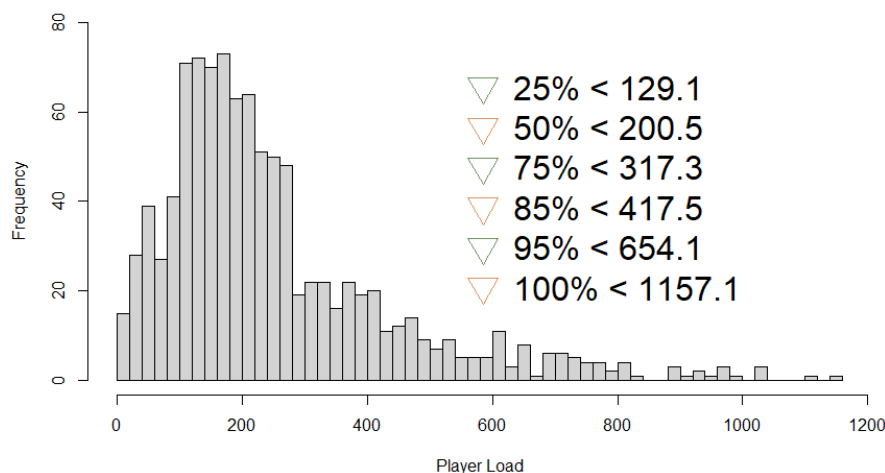
Post	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
HZ _{Full}	997	252,2	188,9	200,5	222,6	122,7	6,6	1157,1	1150,6	1,7	3,1	6,0
HZ _{Exp}	997	195,1	162,8	150,0	168,3	111,1	3,0	1005,3	1002,3	1,8	3,8	5,1
HZ _{High}	997	74,5	52,0	60,2	67,0	41,3	2,7	272,1	269,4	1,3	1,3	1,6
HZ _{Norm}	997	34,7	26,6	28,3	30,6	16,3	3,0	261,1	258,2	3,4	20,1	0,8

Legenda: n = počet, mean = průměr, sd = směrodatná odchylka, trimmed = průměr oříznutý o nejvyšší a nejnižší hodnoty, mad = průměrná vzdálenost hodnot od průměru, min = minimum, max = maximum, range = rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou, skew = velikost a směr odchylky od horizontální symetrie pravděpodobný distribuce, kurtosis = koeficient špičatosti, se = standardní chyba průměru, HZ_{full} = celkové herní zatížení, HZ_{exp} = explozivní herní zatížení, HZ_{high} = vysoké herní zatížení, HZ_{norm} = střední herní zatížení.



Obrázek 34: Průměrná hodnota intenzit herního zatížení (konfidenční hodnota 95 %).

Legenda: Player Load = herní zatížení hráče, PL Int = Intenzita herního zatížení, Mean PL with 95 % CI = průměr herního zatížení rozeher s konfidenční hodnotou 95 %, full = celkové herní zatížení, exp = explozivní herní zatížení, high = vysoké herní zatížení, norm = střední herní zatížení



Obrázek 35: Frekvence celkového herního zatížení spolu s kvantily (n = 997).

Legenda: Frequency = frekvence výskytu, Player Load = herní zatížení hráče.

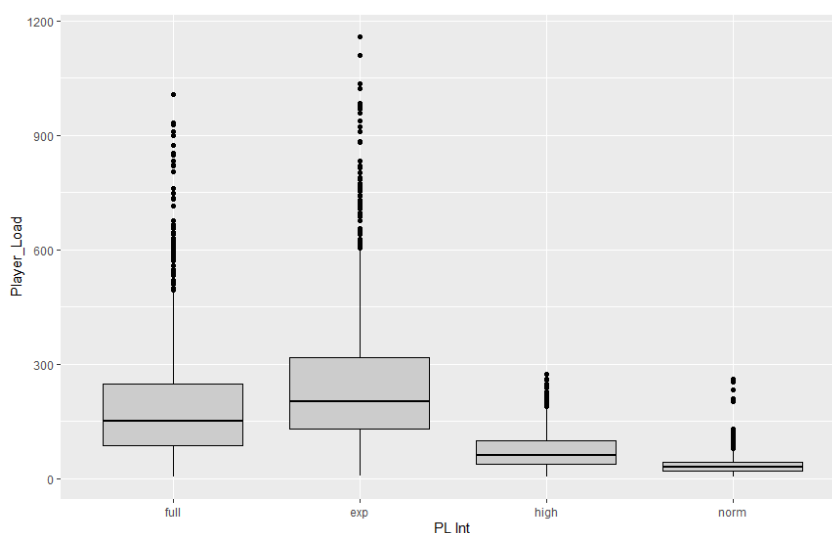
Jednofaktorová neparametrická analýza rozptylu prokázala sig. rozdíl mezi intenzitami herního zatížení pohybu (Kruskal-Wallis chi-squared = 2057,8, df = 3, p < 2,2e-16). Výsledky vícenásobné komparace p hodnot (post-hoc metoda Bonferroni) jsou

v Tabulce 24 a naznačují statisticky významnou rozdílnost mezi všemi intenzitami herního zatížení ($p < 0,05$).

Tabulka 24: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot intenzit HZ ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).

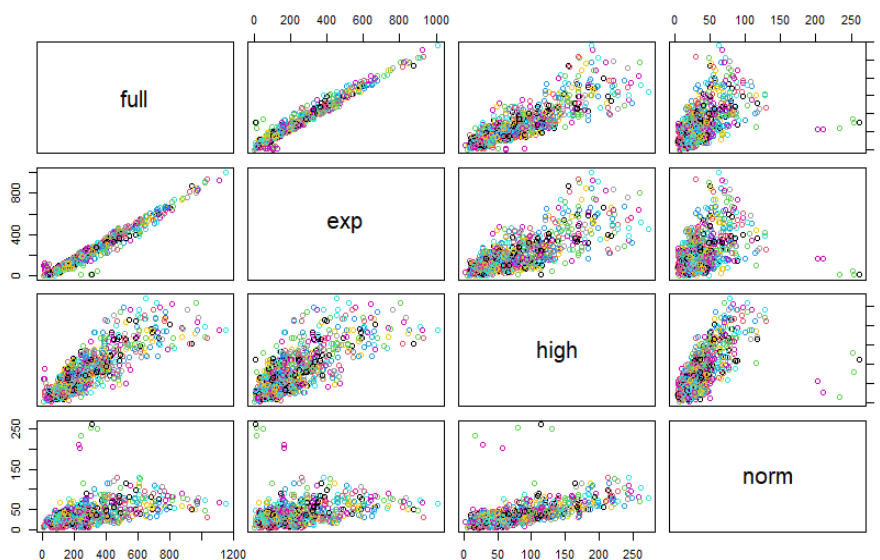
Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1 exp - full	6,768451	1,301682e-11	7,810092e-11
2 exp - high	25,673693	2,299762e-145	1,379857e-144
3 full - high	18,905242	1,032647e-79	6,195883e-79
4 exp - norm	40,809357	0,000000e+00	0,000000e+00
5 full - norm	34,040906	5,533163e-254	3,319898e-253
6 high - norm	15,135664	9,422493e-52	5,653496e-51

Legenda: Comparison = komparace, Z = hodnoty Z-testu, P.unadj = neupravené hodnoty p, P.adj = upravené hodnoty p, Žlutá barva vyznačuje dvojici sig. významnosti $p < 0,05$.



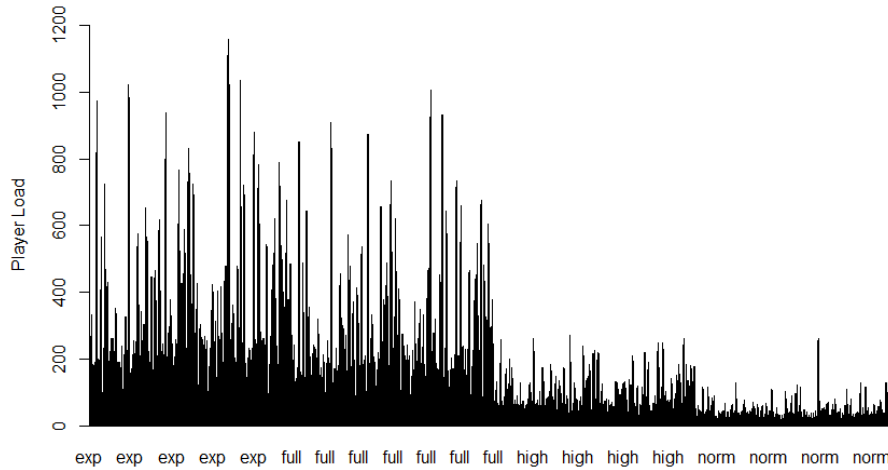
Obrázek 36: Krabicový graf hodnot intenzit herního zatížení (konfidenční hodnota 95 %).

Legenda: Player Load = Herní zatížení hráče, PL Int = intenzita herního zatížení, full = celkové herní zatížení, exp = explozivní herní zatížení, high = vysoké herní zatížení, norm = střední herní zatížení

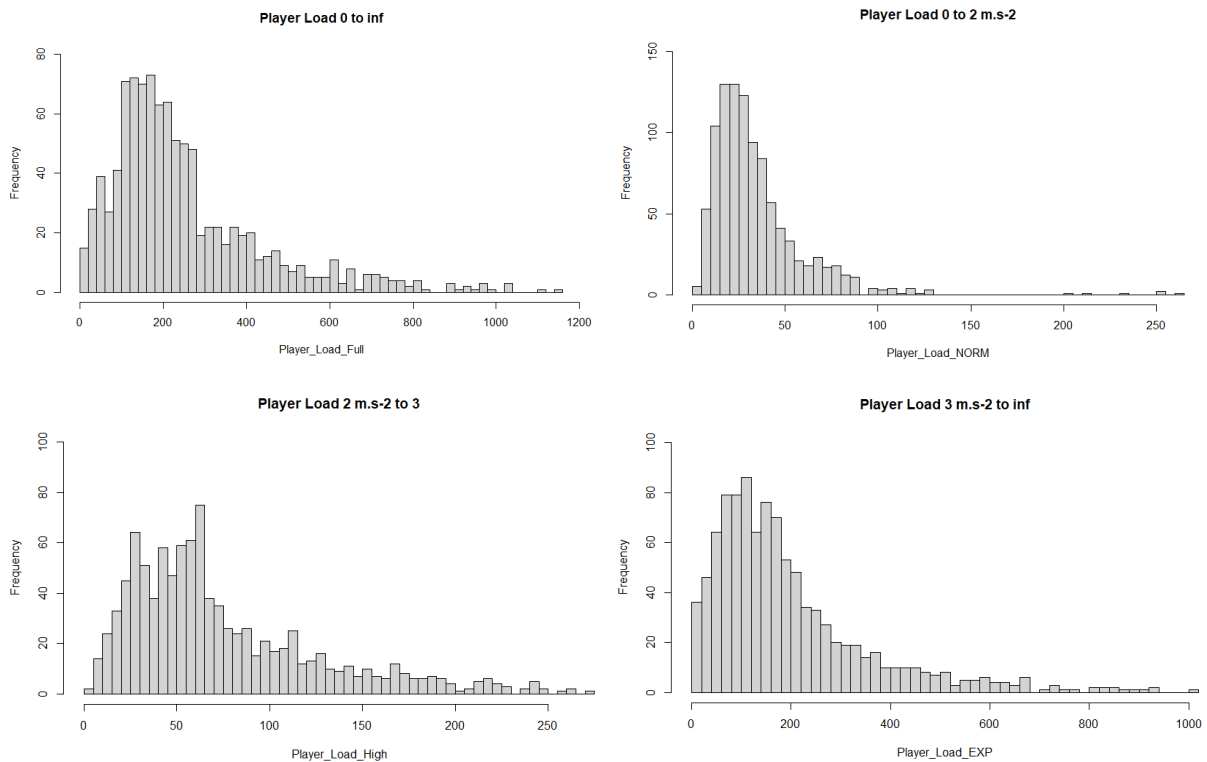


Obrázek 37: Graf párových korelací mezi jednotlivými intenzitami herního zatížení.

Legenda: full = celkové herní zatížení, exp = explozivní herní zatížení, high = vysoké herní zatížení, norm = střední herní zatížení



Obrázek 38: Histogram intenzit herního zatížení (n = 997).
Legenda: Player Load = herní zatížení hráče, full = celkové herní zatížení, exp = explozivní herní zatížení, high = vysoké herní zatížení, norm = střední herní zatížení



Obrázek 39: Frekvence intenzit herního zatížení (n = 997).
Legenda: Frequency = frekvence výskytu, Player Load_Full = Celkové herní zatížení ve všech třech rovinách X, Y, Z, Player Load_NORM = Střední herní zatížení ve všech třech rovinách od 0 do 2 m/s², Player Load_High = Vysoké herní zatížení ve všech rovinách od 2 m/s² do 3,5 m/s², Player Load_Exp = Explozivní herní zatížení ve všech rovinách nad 3,5 m/s².

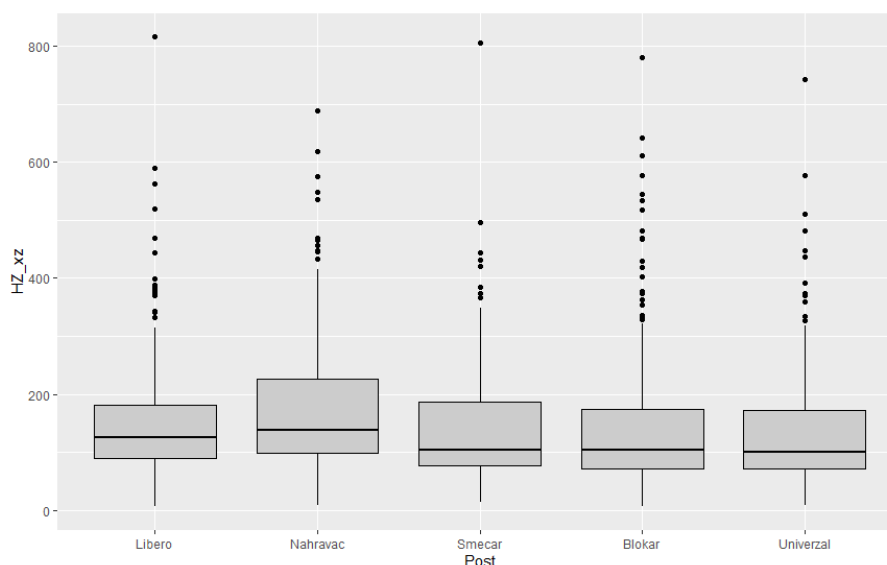
5.3.2 Celkové herní zatížení v horizontální rovině X, Z

Jednofaktorová neparametrická analýza rozptylu prokázala sig. rozdíl mezi herním zatížením pohybu v horizontální rovině X, Z jednotlivých postů (Kruskal-Wallis chi-squared = 22,83, df = 4, p = 0,0001369). Výsledky vícenásobné komparace p hodnot (post-hoc metoda Bonferroni) jsou v Tabulce 25 a naznačují statisticky významnou rozdílnost mezi HZ_{xz} postů Blokař a Nahrávač, Nahrávač a Smečař, Nahrávač a Univerzál (p < 0,05).

Tabulka 25: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot celkového HZ v horizontální rovině mezi posty ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).

	Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1	Blokar - Libero	-2,56921543	1,019291e-02	0,1019290702
2	Blokar - Nahravac	-4,22753759	2,362627e-05	0,0002362627
3	Libero - Nahravac	-1,84857982	6,451851e-02	0,6451850891
4	Blokar - Smeocar	-0,84258080	3,994629e-01	1,0000000000
5	Libero - Smeocar	1,41647168	1,566374e-01	1,0000000000
6	Nahravac - Smeocar	3,03909441	2,372905e-03	0,0237290478
7	Blokar - Univerzal	-0,02679821	9,786207e-01	1,0000000000
8	Libero - Univerzal	2,16431650	3,044007e-02	0,3044006760
9	Nahravac - Univerzal	3,71238095	2,053186e-04	0,0020531864
10	Smeocar - Univerzal	0,70729072	4,793858e-01	1,0000000000

Legenda: Comparison = komparace, Z = hodnoty Z-testu, P.unadj = neupravené hodnoty p, P.adj = upravené hodnoty p, Žlutá barva vyznačuje dvojí sig. významnosti p < 0,05.



Obrázek 40: Krabicový graf hodnot herního zatížení jednotlivých hráčských specializací v horizontální rovině X, Z (konfidenční hodnota 95 %).

Legenda: HZ_{xz} = herní zatížení v X, Z ose

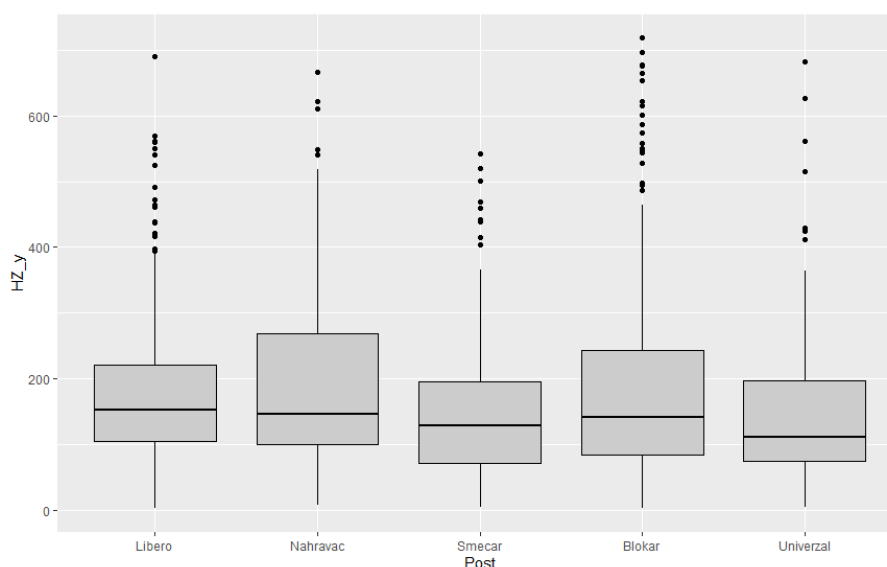
5.3.3 Celkové herní zatížení ve vertikální rovině Y

Jednofaktorová neparametrická analýza rozptylu prokázala sig. rozdíl mezi herním zatížením pohybu v horizontální rovině X, Z jednotlivých postů (Kruskal-Wallis chi-squared = 15,607, df = 4, p = 0,003594). Výsledky vícenásobné komparace p hodnot (post-hoc metoda Bonferroni) jsou v Tabulce 26 a naznačují statisticky významnou rozdílnost mezi HZ_y postů Libero a Univerzál, Nahrávač a Univerzál (p < 0,05).

Tabulka 26: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot celkového HZ ve vertikální rovině mezi posty ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).

	Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1	Blokar - Libero	-0,9028490	0,36660607	1,0000000
2	Blokar - Nahravac	-1,1493799	0,25039938	1,0000000
3	Libero - Nahravac	-0,3403297	0,73360828	1,0000000
4	Blokar - Smecar	1,8782389	0,06034849	0,6034849
5	Libero - Smecar	2,4716700	0,01344836	0,1344836
6	Nahravac - Smecar	2,5398183	0,01109101	0,1109101
7	Blokar - Univerzal	2,3697275	0,01780120	0,1780120
8	Libero - Univerzal	2,9188724	0,00351300	0,0351300
9	Nahravac - Univerzal	2,9395304	0,00328710	0,0328710
10	Smecar - Univerzal	0,4178185	0,67607981	1,0000000

Legenda: Comparison = komparace, Z = hodnoty Z-testu, P.unadj = neupravené hodnoty p, P.adj = upravené hodnoty p., Žlutá barva vyznačuje dvojí sig. významnosti p < 0,05.



Obrázek 41: Krabicový graf hodnot herního zatížení jednotlivých hráčských specializací ve vertikální rovině Y (konfidenční hodnota 95 %).

Legenda: HZ_y = herní zatížení v Y ose

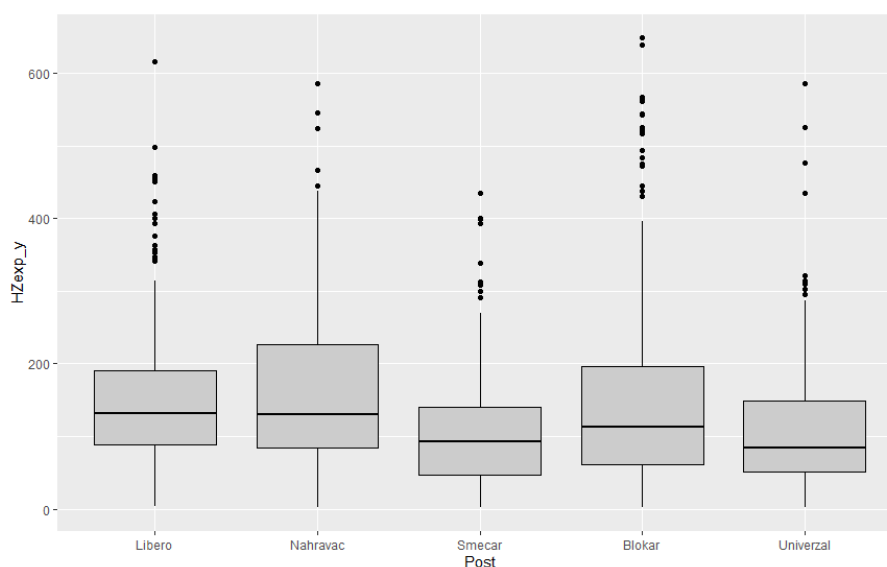
5.3.4 Explosivní herní zatížení ve vertikální rovině Y

Jednofaktorová neparametrická analýza rozptylu prokázala sig. rozdíl mezi herním zatížením pohybu ve vertikální rovině Y jednotlivých postů (Kruskal-Wallis chi-squared = 43,973, df = 4, p = 6,498e-09). Výsledky vícenásobné komparace p hodnot (post-hoc metoda Bonferroni) jsou v Tabulce 27 a naznačují statisticky významnou rozdílnost mezi HZ_{Exp_y} všech postů ($p < 0,05$).

Tabulka 27: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot explozivního HZ ve vertikální rovině mezi posty ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).

	Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1	Blokar - Libero	-2,29209128	2,190038e-02	2,190038e-01
2	Blokar - Nahravac	-2,07474966	3,800974e-02	3,800974e-01
3	Libero - Nahravac	-0,06303896	9,497355e-01	1,000000e+00
4	Blokar - Smecar	3,24698046	1,166364e-03	1,166364e-02
5	Libero - Smecar	4,88579274	1,030135e-06	1,030135e-05
6	Nahravac - Smecar	4,48219962	7,387759e-06	7,387759e-05
7	Blokar - Univerzal	3,13986988	1,690229e-03	1,690229e-02
8	Libero - Univerzal	4,79113491	1,658406e-06	1,658406e-05
9	Nahravac - Univerzal	4,39528719	1,106264e-05	1,106264e-04
10	Smecar - Univerzal	-0,09833481	9,216664e-01	1,000000e+00

Legenda: Comparison = komparace, Z = hodnoty Z-testu, P.unadj = neupravené hodnoty p, P.adj = upravené hodnoty p, Žlutá barva vyznačuje dvojí sig. významnosti $p < 0,05$.



Obrázek 42: Krabicový graf hodnot explozivního herního zatížení jednotlivých hráčských specializací ve vertikální rovině Y (konfidenční hodnota 95 %).

Legenda: HZ_{exp_y} = explozivní herní zatížení v Y ose

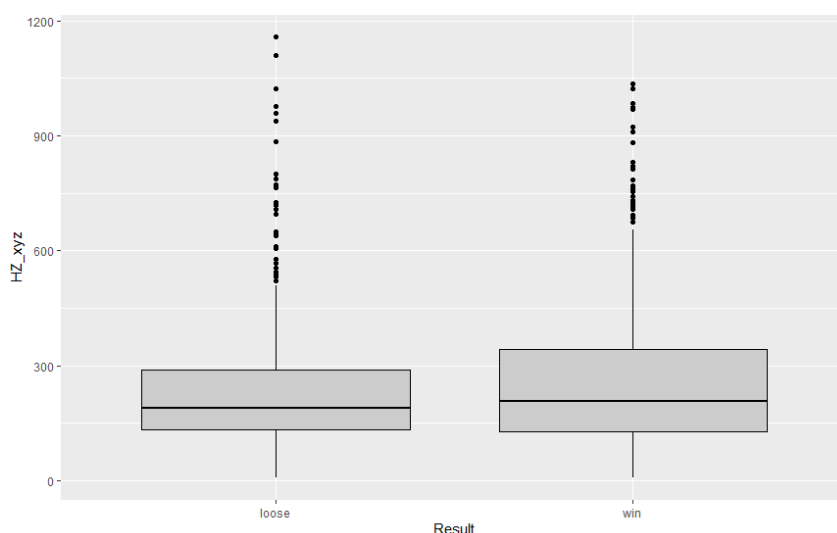
5.3.5 Analýza herního zatížení v závislosti na výsledku rozehry

Dvouvýběrový nepárový t-test s Welch (1938) korekcí prokázal sig. rozdíl mezi 554 analyzovanými celkovými herními zatíženími pohybu hráčů ve vyhraných nebo prohraných rozehrách ($t = 2,2774$, $df = 990,3$, $p = 0,02298$).

Tabulka 28: Deskriptivní statistika celkového herního zatížení ve vyhraných a prohraných rozehrách analyzovaného utkání.

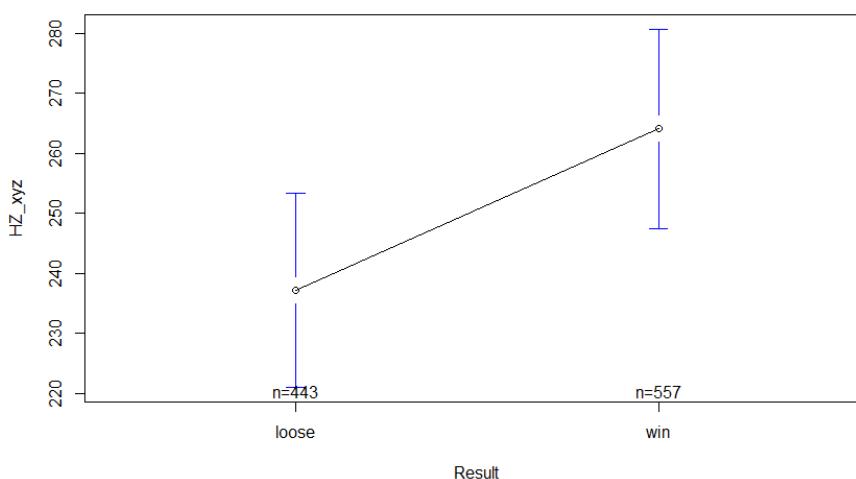
Post	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range	skew	kurtosis	se
HZ _{Full}	557	264,1*	199,7	208,1	234,9	142,2	7,7	1034,9	1027,2	1,4	1,7	8,5
HZ _{Exp}	443	237,2	173,4	189,9	210,0	107,0	6,6	1157,1	1150,6	2,1	6,0	8,2

Legenda: n = počet, mean = průměr, sd = směrodatná odchylka, trimmed = průměr oříznutý o nejvyšší a nejnižší hodnoty, mad = průměrná vzdálenost hodnot od průměru, min = minimum, max = maximum, range = rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou, skew = velikost a směr odchylky od horizontální symetrie pravděpodobný distribuce, kurtosis = koeficient špičatosti, se = standardní chyba průměru, * = sig. rozdílný ($p < 0,05$).



Obrázek 43: Krabicový graf hodnot celkového herního zatížení ve vyhraných a prohraných rozehrách analyzovaného utkání (konfidenční hodnota 95 %).

Legenda: HZ_{exp_y} = explozivní herní zatížení v Y ose



Obrázek 44: Průměrné hodnoty celkového herního zatížení ve vyhraných a prohraných rozehrách analyzovaného utkání (konfidenční hodnota 95 %).

Legenda: HZ_{xzy} = herní zatížení v X, Y, Z ose, Result = výsledek rozehry, loose = prohra, win = výhra.

KAPITOLA 6. DISKUZE PRÁCE

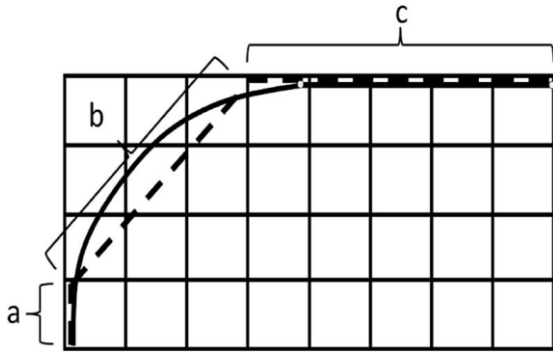
Nejdůležitějším aspektem této pilotní studie byla evaluace dat od elitních hráček v reálném prostředí oficiálního utkání. Navzdory tomu, že je volejbalový hráč přirozeně nucen pohybovat se určitým směrem (kvůli své strategické pozici), nebyla do této doby zveřejněna tak podrobná data elitních hráček. 3D kinematická analýza tohoto výzkumu přináší vhled, který kvantifikuje specifické poměry distance a intenzity pohybu vzhledem k jednotlivým hráčským specializacím neboli postům.

Externí herní zatížení má mnoho faktorů. Některé studie pro jeho vyjádření využívají četnosti jednotlivých úkonů nebo herních kombinací. Studie Palao et al. (2009) komparuje četnosti pohybů mezi utkáním elitních žen a mužů. Oboje pohlaví dosahovalo přibližně stejného počtu podání (820 vs. 812). Ženské utkání vykazovalo menší četnost skákaného rotovaného podání (301 vs. 585), ale naopak, bylo dominantnější v podání ze stoje (392 vs. 26). U obou pohlaví dominoval příjem odbitím obouruč spodem (93 %) a nahrávání obouruč vrchem (80 %). Posledním rozdílem byl počet útoků. Ženské utkání dosahovalo pravděpodobně delších rozeher a dosáhlo četnosti 1103 útoků (vs. 858). Standardní technika útoku tvořila u mužů 87 % a u žen 77 % (22 % tvořil především útok z jedné nohy ze zón 2 a 3). Gageler et al. (2015) se zaměřila přímo na metodu automatizovaného systému pro detekci výskoků ve volejbalovém tréninku a získala úspěšnost s ním 95 % úspěšnost (celkem 1201 výskoků za trénink). Costa et al. (2012) taky komparoval četnosti herních činností žen a mužů v utkání a vyhodnotili téměř stejné poměry. Muži dominovali ve skákaném podání všech druhů (77 %) a ženy v podání ze stoje, nebo plachtícího z výskoku (88 %). V ženských utkáních dominoval útok umístěním (59 %) oproti mužskému, který měl spíše silový charakter (55 %). Charlton et al. (2017) vyhodnotil celkovou četnost vertikálních výskoků na 1307. Z toho blok tvořil 433, smeč 428, podání 106 a nahrávka dokonce 303 skoků. Četnost byla měřena malým přenosným akcelometrem v době modelové hry. Skazalski et al. (2018) už přináší poznatky z celkem 129 173 výskoků zaznamenaných ve 108 trénincích, 27 oficiálních utkáních a 7 přátelských utkáních. Velmi důležitým zjištěním bylo, že nahrávači dosáhli nejvyšší průměrné četnosti výskoků jak v tréninku (134) tak v utkání (100), ale univerzály dosáhli nejvyšší intenzity výskoků (68 % výskoků bylo maximálních). V utkání dosahovali průměrné četnosti 77 výskoků, od 64 pro smečaře, do 100 výskoků pro nahrávače. Studie Baneka et al. (2009) popisuje, že nahrávači tvořili celkem 15,8 % ze zranění hráčů. Nejvyšší četnost zranění dosáhli zranění kotníků a chodidla (38,9 %) a druhé byli zranění kolena (24,4 %). 24 % všech zranění bylo způsobeno únavou, dalších 25 % kontaktem s jiným hráče (stoupnutí na nohu) a 23 % bylo při přílišném natažení svalu. 4roční studie Bere et al. (2015) výskytu zranění elitního volejbalu ukázala, že nejvíce dosáhl kotník s 27 % a druhé bylo

koleno s 18 %. Zátěž dolních končetin ve volejbale je kritická. Je to jeden z důvodů, proč by měl monitoring zátěže tvořit součást každého tréninku. V publikaci García-de-Alcaraz et al. (2020) nahrávač dosahoval nejnižší četnosti výskoků v tréninku. Studie podpořila tvrzení, že blokaři dosahují vysokého vertikálního zatížení, ale přiznává, že tito hráči nebyli na elitní úrovni a nahrávač často nahrával bez výskoku. Také upozorňují, že nižší výška výskoku (sub-maximální) inklinuje k nižší četnosti zranění. Sheppard et al. (2009) souhlasí s největším zatížením nahrávačů v utkání po stránce sub-maximálního vertikálního výskoku. Smečaři dosahovali nevyššího relativního výskoku (57,4 cm), ale blokaři nejvyšší váhu, výšku a dosah horní končetiny ve výskoku (324 cm). Reliabilní technologie nám v tréninku přináší objektivnější informace o interním a externím zatížení, které se ne vždy můžou slučovat s tím, jak tohle zatížení vnímá empiricky trenér nebo jak ji vnímají samotní hráči (Andrade Nogueira et al., 2014). Clemente et al. (2019B) dodává, že monitoring je důležitý v celé sezóně hlavně z důvodu kumulace únavy ke konci sezóny. S nástupem oficiálních utkání mezi tréninkový proces roste zatížení, s postupem sezóny se zvyšuje stress a hráčkám se snižuje schopnost objektivně vnímat úroveň únavy.

6.1 DISKUSE K VÝSLEDKOVÉ ČÁSTI DISTANCE POHYBU

Výsledky průměrné distance pohybu všech postů dosáhli celkem $8,8 \pm 6,4$ m pro jednu rozehru a tento výsledek je nižší, ale blízký údaji $10,9 \pm 0,9$ m ve studii Mroczek et al. (2014). Studie evaluovala celkové a částeční distance pohybu elitních mužských volejbalistů národní polské ligy pomocí rastrování (Obrázek 45) pomocí videonahrávky stabilní kamery Sony DCR-SR70E, jejíž čočka měla záběr s velmi širokým úhlem a soudkovým zkreslením, které s komparací s reálnou šíří záběru vytváří autoři neznámou chybu měření. Byla umístěna 15 m kolmo nad sítí hřiště. Normalita rozložení pomocí Shapiro-Wilk testu prokázala také signifikantní výsledek ($p < 0,05$). Rozdíl pohlaví v celkových distancích pohybu může hrát signifikantní roly, už jen z důvodu vyšší tělesné výšky a větší svalové síly při motorickém projevu mezi muži a ženami (Högström et al., 2012). Dále studie Mroczek et al. (2014) zhodnotila, že v utkání taky 4 setů, dosáhli muži celkové průměrné vzdálenosti pohybu $1,757 \pm 462$ m. Naše studie evaluovala hodnotu $1416,3 \pm 272,1$ m, ale musíme zhodnotit, že studie Mroczek et al. (2014) nebrala v úvahu



Obrázek 45: Dráha pohybujícího se hráče pomocí rastrování studií Mroczek et al. (2014). Plynulá čára je kreslený pohyb hráče; přerušovaná čára je měřená vzdálenost.

103 m), nejkratší distancí dosáhl Blokař (788 ± 92 m). Polská studie prokázala sig. rozdílnost jak mezi celkovou distancí Blokaře a ostatních postů v celém utkání, tak i v jednotlivých setech, kde Blokař vždy dosahoval nejkratší distance pohybu (265 ± 40 m; $p < 0,005$).

Z pohledu jednotlivých rozeher a průměrné distance, studie neprokázala sig. rozdílnost mezi žádným z postů. Nejdelší průměrná distance patřila postu Nahrávač s $12,1 \pm 0,4$ m, v naší práci dosáhl nejvyšší hodnoty post Libero s celkem $9,6 \pm 7$ m. Sig. rozdíl mezi průměrnými distancemi postů v rozehrách u nás taky nebyl potvrzen ($p < 0,05$). Zajímavá je taky komparace výsledků směrodatných odchylek. Mroczek et al. (2014) udává relativně nízké hodnoty $\pm 0,1$ až 1 m mezi průměrnými distancemi postů v rozehrách. Rozsah minimální a maximální distance se v naší studii pohyboval od minimální hodnoty $0,7$ m nejkratších rozeher až do max. distance $34,2$ m pro post Libero. Průměrný rozsah distance postů dosáhl pro roze hry 34 m. Nahrávač v této disertační práci dosáhl za 4 sety celkem $1505,5$ m a ve srovnání s 1630 m Nahrávače zmíněné polské studie, je to z empirického hlediska velmi blízká hodnota. V naší studii dosáhlo nejdelší celkové distance post Smečář s celkem $1648,7$ m. Univerzál naší studie dosáhl taky velmi blízký výsledek s hodnotou $1585,7$ m oproti 1448 m. Blokaři s průměrnou participací 60% rozeher dosáhli $964,6$ m oproti 788 m. Druhá nalezená studie byla Kravan (2007). Ve studii využili rozboru videa volejbalových utkání elitních žen a četnost jednotlivých úseků pohybu (do 1 m, do 3 m, 3 a více) a za každý provedený pohyb v dané vzdálenosti byl ručně do tabulek zaznamenán bod. V průměru dosáhli smečářky za jeden set $25,5$ úseků do 1 m (max $25,5$ m), $30,8$ úseků do 3 m (max $92,4$ m) a $7,7$ úseků 3 a více m (min $23,1$ m). Hrubým odhadem dostáváme 141 m distance pro smečářku v jednom setu. Dané hodnoty je obtížné komparovat. Při vyváženém počtu rozeher v setu, můžeme celkovou průměrnou distancí $1416,3$ m rozdělit na jednotlivé sety a dostaneme 350 m v jednom setu, což je stále více než polovina distance Kravan (2007). Měřicí přesnost studie považujeme za krajně nepřesnou

menší participaci postů Libero a Blokař v utkání a všechny hodnoty celkových distancí pohybu komparovala (i statisticky) mezi posty bez ohledu na tento důležitý fakt. Průměrné distance rozeher v jednotlivých setech nedosáhli sig. rozdílnosti ($p < 0,05$). Nejdelší distancí zaznamenala studie pro post Nahrávač ($1,630 \pm 170$ m), následoval Univerzál ($1,448 \pm 112$ m), Smečář ($1,383 \pm 102$ m), Libero ($1,372 \pm$

vzhledem k samotné distanci, ale cíl studie byl zaměřen na komparaci měřených údajů mezi smečářkami a blokačkami, pravděpodobně ne na analýzu přesné distance. Deskriptivní výsledky ukázali, že smečářky dominovali v úsecích do 3 m, a blokačky dosahovali nejvyšší hodnoty v úsecích do 1 m. Spolu s Kravan (2007) můžeme souhlasit, že nejnižší četnosti dosahují dlouhé distance nad 3 m. V naší studii jsme zjistili, že v rozsahu 0,7 m až 2 m bylo provedeno $91,8 \pm 1,3$ % distance pohybu (přibližně 1300 m za 4 sety).

Distance pohybu je značně prozkoumaná ve sportovních hrách jako je fotbal, rugby nebo australský fotbal. Studie Beato et al. (2018) zjistila celkovou průměrnou distanci u hráček futsalu 2737 ± 207 m s průměrnou tepovou frekvencí 83 ± 3 % maxima. Studie zjistila sig. rozdílnosti ($p < 0,05$) mezi distancí v první a druhé polovině utkání (1424 ± 114 vs 1313 ± 113 m, $ES = 0,97$), ale nekomparovala hráče mezi sebou. Naopak Trewin et al. (2018) analyzoval fotbal žen. Distance v průměru konala 10368 ± 952 m (což je blízká hodnota mužů od Dalen et al. (2016)). Dále uvádí, že 91 % distance dosáhli v pomalém běhu (pod 4,58 m/s). Hráčky fotbalu ve studii Trewin et al. (2018) dosahovali 174 ± 33 počtu úseků se zrychlením nad 2,26 m/s². Autoři Dalen et al. (2016) zhodnotili ze 45 fotbalových utkání (90 min), že hráči dosáhnou průměrnou distanci 10200 ± 785 m v rychlostech pohybu do 19,7 km/h a 1061 m v rychlosti nad 19,8 km/h (7–10 % z pohybu tvoří akcelerace nad 2 m/s²), ale jednotlivé hráčské specializace vykazují velké rozdíly v objemu distance v rychlostech mezi 19,7 až 25 km/h. Clemente et al. (2019B) sdělila, že fotbalový hráč může dosáhnou celkovou distanci i 19000 m. Studie ukazují, že distance každé herní specializace byla determinována specifickým postavením ve hřišti, a proto musí být objem tréninku taky nastaven podle individuálních nároků. Wisbey et al. (2010) sbírala údaje o distancích pohybu ve 4 sezónách australského fotbalu. V roce 2008 hráči dosahovali sig. vyššího ($p < 0,05$) zatížení než v roce 2005 (8,4 % vyšší průměrná rychlost pohybu, 14 % vyšší intenzita pohybu a 9 % kratší hrací čas). Nároky hry nebo fyzická příprava hráčů se časem zvyšovali. 65 % z celkového času v utkání hráči setrvali v pomalém pohybu do 8 km/h. Celkem 6 % z celkového pohybu v utkání bylo vysoko intenzivních (rychlý běh a sprint nad 18 km/h). Hráči dosahovali za celkem 100 min utkání přibližně 12,5 km. Autoři taky potvrdili sig. rozdílnost mezi hráčskými specializacemi v celkové distanci pohybu ve vysokých rychlostech. Pro dosažení vysoké celkové rychlosti je potřebný taky větší prostor, ale to neplatí tolik u zrychlení, které se vztahuje spíš na metr pohybu a akutní explozivní pohyb. Z hlediska úrovně soutěží ve sportovních hrách, studie Cahill et al. (2013) zdůrazňuje sig. rozdíl ($p < 0,05$) mezi distancí pohybu polo-elitních a elitních hráčů rugby v utkání (4470 ± 292 m) a taky, že všichni hráči v přední pozici dosahovali vyšší distance než hráči v zadní řadě. Ve vlastních výsledcích, autoři Cahill et al. (2013) ukazují taky silnou rozdílnost ($p < 0,005$) mezi hráčskými specializacemi v

přední zóně a hráči v zadní zóně (až o 36 %, 2 km větší distance pohybu s průměrnou rychlostí 5,8 km/h). V nejpomalejší zóně pohybu strávili hráči 52 % času 80 min utkání. Erčulj et al. (2008) zjišťovala celkovou distanci pohybu basketbalistů pomocí trasování video záznamu. Hráči dosáhli v aktivní herní fázi 4404 m, studie ale nehodnotila individuální výsledky hráčských specializací, ale validitu samotné metody. Hrací povrch je také důležitým faktorem zatížení. V publikaci Galé-Ansodi et al. (2016) zaměřené na tenis můžeme vidět, že hrací povrch může hrát sig. roli v relativní celkové distanci pohybu za min ($47,1 \pm 5,5$ vs. $41,5 \pm 6,9$ m/min) a taky v procentě zrychlení.

Shnodell & Reynaud (2002) poznamenali, že herní požadavky během sezóny by měly výrazně ovlivnit návrh tréninkových cvičení. Zvýšená specifická diferenciací tréninkových metod je nutností pro moderní trénink, nejen pro konkrétní sport, ale také pro konkrétní hráčské specializace. Čím více cvičení napodobuje pohyby her, tím větší je účinek tréninku (Black, 1995; Hedrick, 2007; Newton et al., 1999; Travlos, 2010; Zatsiorsky & Kraemer, 2020).

- V rozsahu 0,7 m až 2 m bylo provedeno $91,8 \pm 1,3$ % úseků vzdálenosti pohybu nad 0,7 m. Na základě výsledků této studie konstatujeme, že polovina těchto úseků měla délku větší než 0,7 m, ale menší než 1 m ($48,1 \pm 3,9$ %). Pravděpodobnost, že 92 % jednoho úseku lineárního pohybu nad 0,7 m před změnou směru hráče ve volejbalovém utkání bude proveden do vzdálenosti 2 m, je zásadní pro návrh tréninkové praxe.

Vzhledem k tomu, že celková vzdálenost pohybu u hráček závisí také na celkové délce trvání a počtu rozeher celkem, se mohou tyto hodnoty mezi utkáními lišit, ale průměrné vzdálenosti s průměrným trváním rozeher po analýze 167 rozeher a více než 900 distancí jednotlivých postů se budou pravděpodobně opakovat i u jiných elitních utkáních. Průměrná maximální vzdálenost hráček byla $28,9 \pm 3,4$ m a poskytla nám informace o tom, jak dlouhé vzdálenosti jsou hráči vystaveny v nejdelších rozehrách. Tyto data je na jedné straně obtížné komparovat, protože studie Mroczek et al. (2014) využila pro analýzu jiné pohlaví a zcela jinou metodu, ale utkání bylo elitní a analyzována byla distance v horizontální ose, jako v této disertační práci. Velmi důležité je opomenout, že studie využila taky standardizace začátku a konce rozeher. Blíže ale nespecifikovala momenty, jenom popsala hranice „od podání do zapískání rozhodčího pro ukončení rozehry“. V této sféře se dostáváme k důležitému determinantu zatížení, a tím je celkový čas zátěže. S narůstajícím časem, narůstá taky distance pohybu a tím herní zatížení. Časovou analýzou se výše zmíněná studie nezabývala. Naše utkání 4 setů dosáhlo trvání 21,1 min čisté hry rozeher. 85 % námi sledovaných rozeher mělo trvání do 12,4 s. Výsledky jsou přesto z expertního posouzení velmi blízké a můžeme konstatovat, že přináší

podobné hodnoty. Tento postup ve zkoumání pohybu je velmi důležitý, protože teď vidíme, že se s časem studie postupně podporují a blíží se tak k objektivizačním a standardizačním možnostem v budoucnosti. Věk, pohlaví a úroveň subjektů spolu s druhem metody zkoumání je nutné výzkumem rozvíjet. Studie v roce 2014 apelovala na fakt, že ve vědecké sféře chybí data pro evaluaci distancí pohybu ve volejbale.

Doba trvání roze hry je podle Hughes & Bartlett (2002) jedním z indikátorů výkonu, který přispívá k úspěchu nebo rozvoji výkonu v síťových hrách. Z časového hlediska, studie Selinger & Salinger's (1986) zjistila trvání volejbalových roze her mezi 2,2 až 50 s. Hedrick (2007) stanovuje průměrné trvání roze hry ve volejbale na 6 s. Naše studie evaluovala $7,67 \pm 5,06$ s, minimum bylo 1,76 s a maximum 35,7 s. Toto rozmezí opět posuzujeme za velmi těsné, ale upozorňujeme, že kriticky závisí na stanovení počátku a ukončení roze hry. Studie Sánchez-Moreno et al. (2015) se věnovala časové analýze elitního mužského volejbalu a průměrnou délku roze hry stanovila na čas $5 \pm 4,3$ s. Studie standardizovala začátek a konec podle prvního a posledního dotyku hráčů s míčem (mezi písknutím rozhodčího). Ve studii Sheppard et al. (2009) zjistili, že 76 % všech roze her mělo trvání do 12 s, ale průměrná doba roze hry měla až 11 s. V rozsahu 85 % doby do 12,4 s dosahovali hráči v této disertační práci distanci do 14,5 m. Do 95 % měli za jednu roze hru distanci do 22,5 m.

Mužské utkání volejbalu je pravděpodobně ovlivněno vyšší rychlostí hry a rychlejším letem míče (Costa et al., 2012; Fuchs et al., 2019; Chen et al., 2011; Rodríguez-Ruiz et al., 2014; Sattler et al., 2015; Valadés et al., 2016). Tím pádem pravděpodobně proto dosahují kratších výsledků v roze hře. Opačně jsme ale u studie mužů Mroczek et al. (2014) viděli delší průměrnou distanci pohybu. Konstatovat tento zkřížený poměr není zatím vhodné, jelikož každá studie evaluovala svoje výsledky za použití rozdílných metod a podmínek. Autoři polské studie dále připomínají, že za pokles distance pohybu ve vývoji utkání ostatních sportovních her, jako je fotbal nebo házená (druhá polovina nebo další třetina), může narůstající únava, případně nedostatečně rozvinuta aerobní kapacita a rychlostní vytrvalost. Studie zaznamenala rozlišné údaje pro jednotlivé volejbalové sety, ale neprokázala mezi nimi sig. rozdílnost v nárůstu distance. Další studie Mroczek et al. (2011) sledovala vplyv volejbalového utkání elitních mužů na známky únavy (reakční čas a koncentraci laktátu v krvi). Výsledky studie ukázali, že se reakční čas sice po prvním setu sig. ($p < 0,05$) snížil ze 600 ± 40 na 520 ± 50 ms, ale přes další tři sety zůstal relativně stabilní. Koncentrace laktátů stoupala od začátku utkání v normě ($z 1,1 \pm 0,04$ jenom na max hodnotu $1,7 \pm 0,11$ mmol). Mroczek et al. (2011) se domnívá, že elitní trénink v rámci 20 hodin za týden je dostačující pro rozvoj resistance vůči vysoké únavě, která by způsobovala výrazné snižování výkonnosti. Výsledky podporují tvrzení, že střídání intenzit vysoké a nízké zátěže ve volejbale umožňuje hráčům efektivněji regenerovat.

Z aerobního hlediska můžeme vidět, že sportovní hry, které probíhají na relativně velkém prostoru umožňují hráčům více plynulý pohyb jak v nízkých zónách do 20 % VO₂max (maximální objem kyslíku v mililitrech na kilogram tělesné hmotnosti za jednu min) v přibližně 40 % celkové distance pohybu, a na úrovni 20-50 % VO₂max přibližně 45 % distance (Cahill et al., 2013). Přehled studie Papanikolaou et al. (2019) komparoval výkony distancí, interní zátěží a rychlostí u YoYo intermitentního testu mezi fotbalisty, basketbalisty a volejbalisty. Výsledky odpovídají teorii, že hráči volejbalu jsou adaptovaní spíše na zátěž krátkého a dynamického charakteru. Dosahovali nižší celkové distance pohybu a nižší kardiovaskulární výkon. Dosahovali ale nejvyšší průměrnou rychlost, ale ne maximální (fotbalisti). Volejbalový hráči dosáhli taky nejvyšší maximální tepové frekvence. Tento test je známí svoji progresivní náročností a celková distance a maximální rychlost je ovlivněná faktem, jak dlouho vydrží test provádět do vyčerpání. Obecně dosáhli volejbaloví hráči nejslabšího výsledku. Ve středně velkém hřišti jako je v basketbalu (28 x 15 m), vidíme u studie Puente et al. (2017), že hráči dosahují relativní distance $82,6 \pm 7,8$ m/min a průměrná tepová frekvence dosahuje až $89,8 \pm 4,4$ %. Hráčské specializace dosáhli sig. rozdílného výsledku i v této studii. V rychlostech nad 18 km/h dosahovali jenom 3 ± 3 % celkové distance. V basketbale dosahovali hráči maximálních rychlostí do 24,1 km/h (oproti fotbalu > 25 km/h). V naší studii dosahovali hráčky v průměru 67,2 m/min relativní distance. Ve srovnání s fotbalovými hráčkami je to skoro poloviční hodnota (115,2 m/min jak uvádí Trewin et al. (2018)). Tato komparace je orientační a velmi nepřesná, jelikož každá ze studií měla jiný celkový čas utkání a musíme zmínit i fakt, že mnoho studií nebralo v úvahu čistý hrací čas, ale celkový čas.

Podle Belka et al. (2014), elitní hráčky házené dosahují v utkání distance až $7138,3 \pm 334,4$ m s průměrnou tepovou frekvencí 90 % TFmax (maximum tepové frekvence). Relativní vzdálenost dosahuje přibližně 115 m/min. Autoři zdůrazňují, že zatížení v házené taky odpovídá intermitentnímu charakteru (80 % času dosahují hodnot nad 85 % TFmax). Autoři taky prokázali sig. rozdíl ($p < 0,01$) v distanci mezi hráčskými specializacemi. Michalsik et al. (2014) pro záznam distance elitní házené že využila video analýzu. Hodnota dosahovala výrazně nižší výsledek 4693 ± 333 m, než Belka et al. (2014). O rok starší studie Michalsik et al. (2015) ukazuje, že mužský házenkáři dosahovali nižší celkové distance pohybu ($p < 0,001$) a nižšího relativního zatížení (% VO₂max) v utkáních než ženy (3945 ± 538 vs. 4693 ± 333). Muži dosáhli vyšší rychlosti pohybu (1,78 vs. 1,47 m/s) a taky vykazovali vyšší četnosti vysoko-intenzivních akcí. Delší distanci pohybu u žen autoři vysvětlují hlavně z důvodu, že ženy dosahovali sig. nižšího počtu situací, ve kterých stáli klidně na místě.

Ve volejbale se setkáváme s opačným případem. Přes fakt, že celkové trvání utkání dosahuje relativně podobných hodnot jako fotbal, basketbal nebo rugby (60 až 90 min),

v naší studii dosáhli hráčky téměř poloviční relativní distance 67,2 m/min. Studie McLaren (1990) připomíná, že 63 – 73 % energie pro hraní volejbalu hradí anaerobní systém. Podle něho, 7 až 10 s roze hry jsou příliš krátkým časem na to, aby se anaerobní glykolýzou vyčerpali energetické kapacity svalu, protože při 25 až 45 s intervalu odpočinku mezi vysoko-intenzivní aktivitou je dostatečná doba pro obnovení ATP-PCr (adenozín-tri-fosfát a fosfokreatín) zásob. Hlavně pro posty jako jsou libero a blokaři, kteří se vzájemně střídají a nemají plnou participaci v utkání, hra blokařů ve studii González et al. (2005) vždy vykazovala vyššího zatížení tepové frekvence, přes to, že libero strávilo více času na hřišti. Lidor & Ziv (2010) apelují na důležitost rozvoje aerobního systému, přesto že volejbal má vysoce intermitentní charakter. Hlavně pro setrvání vysoké výkonnosti v utkáních s více než 3 sety, nebo v delších intenzivních roze hrách, které následují hned za sebou. Vysoká úroveň anaerobní kapacity dovoluje udržovat výkonnost opakovaných explozivních pohybů (Cardinale et al., 2011). V dnešní době se rozvíjí stále více přes intervalový model zatížení, které při přesáhnutí minimální intenzity > 60 % VO₂max dosahují podobných výsledků rozvoje aerobní kapacity. Vyšší úroveň aerobní kapacity dovoluje hráči trénovat delší dobu ve vyšších objemech, a taky má vliv na rychlost a kvalitu zotavení anaerobních kapacit (Cardinale et al., 2011).

Volejbalové utkání je v tomto ohledu jedinečné, jelikož hráči využívají k regeneraci i přestávky mezi jednotlivými roze hrami, které trvají zhruba 14 s. (průměrný čas roze hry dosahoval v naší práci přibližně 7,5 s) a taky přestávky mezi sety (Sheppard et al., 2009).

- Jedním z nejdůležitějších zjištění této práce bylo, že každý z postů dosáhl 60 % z celkové distance pohybu za utkání v úsecích o rozsahu 0 až 0,7 m. V takto krátkých úsecích pohybu do jednoho metra s konstantním střídáním směru pohybu dosáhli všechny posty (mimo Blokaře), za jedno utkání 4 setů, přibližně 600 m. Pozoruhodným údajem je taky výkon distance u Libera, který sice participoval jenom v 77 % roze her, ale dosáhl skoro stejné distance (578,7 m) jako posty, které se účastnili všech roze her v utkání (od 601,6 m pro Univerzála až do 690,4 m pro Nahrávače). Nejvyšší distanci v krátkém rozsahu pohybu do 0,7 dosáhl právě Nahrávač (690 m) a hned za ním následoval post Smečář (640 m). Z expertního posouzení, post Libero dosahoval právě nižší hodnoty jenom v distancích úseků delších než 0,7 m (798,1 m), kde dosáhl mimo Blokaře nejnižší výsledek (Smečář a Univerzál dosáhli až 980 m v úsecích delších než 0,7 m). Tyto data jsou velmi cenná při tvoření více specifických tréninkových metod pro motorický výkon individuálních hráčských specializací. Jednotlivé hodnoty je možné vidět v Tabulce 11. Výsledky vztahené na směr pohybu budeme popisovat v následující kapitole diskusní části.

6.2 DISKUSE K VÝSLEDKOVÉ ČÁSTI SMĚRU POHYBU

Pro analýzu směru pohybu v této disertační práci jsme rozdělili pohyb vzhledem k síti na celkem čtyři směry: Vpřed, Vzad, Vpravo a Vlevo (Obrázek 13). Vědecká literatura zabývající se analýzou směru pohybu ve volejbale jakýkoli úrovně do dnešní doby nebyla rozvinuta. Studie podobné Tabor et al. (2018), Gomez et al. (2014) nebo Chen et al. (2012) se zaměřovali na využití kinematické analýzy pro trasování směru a pohybu míče ve volejbale, nebo plážovém volejbale. Všechny směry pohybu v této práci jsme rozdělily vzhledem ke třem rozsahům distancí na krátkou (0 až 0,7 m), střední (> 0,7 m) a dlouhou distanci (> 0 m). U každého z postů dominoval jeden, nebo dva směry v procentuálním zastoupení celkových metrů za utkání. Jenom posty Smečář a Univerzál dosáhli v krátkých distancích do 0,7 m vyššího procentuálního zastoupení v jiném směru, než ve středních nebo dlouhých.

Smečář dominoval ve směru Vpřed s 36 % pro střední distanci nad 0,7 m, ale 31 % pro směr Vlevo u pohybů krátké distance do 0,7 m. Nejnižší hodnoty dosáhl pro směr Vpravo (20 %). Přibližně 21 % pohybu dosáhl ve směru od sítě, Vzad. Důležité je rozdělit taky poměr pohybu na Před-Zadní a Pravo-Levý (stranový). V tomto případě můžeme konstatovat, že pohyb Vzad tvořil 36 % z Před-Zadního pohybu v úsecích nad 0,7 m. V krátkých úsecích pohyb Vzad tvořil už 42 %. Tento poměr je důležité dále zkoumat pro robustnější objektivní doporučení v tréninkovém procesu. Z výsledků této práce se zdá, že v kratších úsecích je post Smečář aktivnější v pohybu Vzad a Vlevo, v delších úsecích než 0,7 m směrem Vpřed. Studie se v evaluovaných průměrných hodnotách liší. Malousaris et al. (2008) zjistil průměrnou výšku elitních smečářek italské série A1 s hodnotou $1,81 \pm 0,05$ m. Palao et al. (2014) stanovil v mnohem větším populačním výběru, že pro tento post je charakteristická výška elitních hráček celkem $1,86 \pm 0,6$ m. Dále popisuje, že je to velmi všestranný post. V utkání zastupuje herní činnosti jednotlivce pro příjem podání, smeč, blokování a obranu v poli. Jeho pohyb dosahoval nejvyšší hodnotu za utkání 1622 m, ale průměrně se v rozehrách pohyboval s nesig. rozdílem ($8,8 \pm 6,7$ m), hned druhý nejvíce po Liberu. Smečáři se mimo nahrávání zaměřují na veškeré herní dovednosti a jsou tím pádem značně vytíženi. Jsou-li v utkání v předním postavení, většinou zastupují místo v zóně 4 (ve předu vlevo), v zadním postavení jsou většinou v zóně 6 (vzadu uprostřed).

Blokař dominoval ve směru Vpravo ve všech délkách distancí s hodnotou kolem 35 %. V kratších úsecích pod 0,7 nastal nárůst pohybu Vzad z 10 % na 13,4 % a směr Vpřed zůstal bez výrazné změny. Pro post Blokař je evidentně dominantní stranový pohyb. Směr Vlevo tvořil 41 % z Pravo-Levého pohybu. Tento post je charakteristický pro elitní

hráčky s výškou $1,88 \pm 0,04$ m a Palao et al. (2014) dále popisuje jeho hlavní aktivitu pro smečování a blokování. Studie Malousaris et al. (2008) ale zjistil průměrnou výšku Blokařek elitního volejbalu jako hodnotu $1,82 \pm 0,04$ m. Tyto informace můžou samozřejmě odpovídat nejen hráčské specializaci, ale hlavně genetice zkoumané populace, krajiny a úrovní soutěže. Post Blokař hraje převážně v přední zóně 3 a mimo podání (servisu), se po dobu rotace v zadní zóně střídá s postem Libero. V naší studii post Blokař participoval v přibližně 60 % všech rozeher. Hráči této specializace jsou podle Palao et al. (2014) a Malousaris et al. (2008) těmi většinou nejvyššími ze všech postů (často je na jejich úrovni taky Univerzál). Studie Sattler et al. (2015) a Dopsaj et al., (2012) neprokázala sig. rozdílnost ($p < 0,05$) mezi výškou výskoku mezi jednotlivými posty v ženském elitním volejbale, ale z motorického hlediska, studie Marques et al. (2009) našla sig. rozdílnost ($p < 0,05$) mezi silovými předpoklady Blokařů. Studie zjistila vyšší sílu Blokařů ve srovnání s Liberem a Nahrávačem. Tato studie taky nepotvrdila sig. rozdíl ($p < 0,05$) mezi výškami výskoků, přes to, Blokař (mimo Univerzála) dosáhl nižšího výsledku než ostatní posty ($42,9 \pm 5,37$ cm). Naopak studie Sheppard et al. (2009) zdůrazňuje, že post Blokař dosahoval sig. vyšší ($p < 0,05$) četnosti výskoků na blok než Smečář a Nahrávač, taky dosahoval vyššího vertikálního výskoku a taky četnosti smečů než post Smečář. Tato studie byla ale provedena na mužském elitním volejbale a musíme zdůraznit, že tyto výsledky se můžou vázat jak u mužského, tak i ženského volejbalu na samotnou strategii hry a rozložení útočné činnosti. Každopádně, z expertního hlediska, pohyb Blokaře se úzce váže na aktivitu u sítě a hráči na tomto postu musí být, přes svoji výšku, dostatečně agilní, jak pro delší a explozivní stranové pohyby, tak i na rychlé a krátké odstupování z důvodu útoku.

Nahrávač dominoval v pohybu směrem Vpravo pro všechny délky distance s hodnotou kolem 39 %. Tento poměr byl poměrně výrazný a druhý dominantní směr byl pohyb Vpřed (23 %) v distancích nad 0,7 m. U kratších pohybů do 0,7 m se ve směru Vpřed hodnota snížila z 23 % na 19,7 %, ale navýšil se směr Vzad ze 17,6 % na 21,2 %. Celkově se u všech postů směr Vzad navýšil vzhledem ke krátkým distancím do 0,7 m. Tento post je charakteristický pro elitní hráčky s výškou $1,77 \pm 0,07$ m a Palao et al. (2014) dále popisuje jeho hlavní aktivitu pro nahrávání, blokování a obranu v poli. Studie Malousaris et al. (2008) zjistila velmi podobnou průměrnou výšku Nahrávaček elitního volejbalu s hodnotou $1,77 \pm 0,04$ m. Zajímavým zjištěním bylo, že Nahrávač dosáhl nejvyšší distance pohybu krátkých úseků do 0,7 m s celkem 690,4 m v horizontální rovině, ve srovnání s ostatními posty. Aktivita pohybu Vpravo byla nejvýraznější (39,4 %) a ostatní směry dosahovali hodnotu kolem 20 %. V utkání se pohybuje v zadní zóně 1 nebo v přední zóně 2. Jeho pohyb musí odpovídat dynamice hry a s narůstající úrovní klade vysoké nároky na velmi rychlou reakci a běh do pozice pro nahrávání. Vysoká pohybová aktivita

Nahrávače se dá vysvětlit taky podle Mroczek et al. (2014) tak, že je tento post jako jediný nucen měnit pozici z přední do zadní pozice v rámci jedné roze hry velice často. Musí reagovat na postavení ostatních hráčů a na jejich umístění příjmu. V naší analýze dosáhl jednu z nejdelších celkových distancí 1505 m ve 4 setech.

Univerzál dominoval v pohybu směrem Vpřed v distancích od 0,7 m s hodnotou až 36 % a dosáhl relativně nízkou hodnotu pro směr Vlevo (13 %). V distancích do 0,7 m poměr pohybu Vpřed klesl o 17 % na hodnotu 29,9 % a ve všech směrech se zvýšil. Ve směru Vlevo až o 20 %. Tento post je charakteristický pro elitní hráčky s výškou $1,89 \pm 0,07$ m a Palao et al. (2014) dále popisuje jeho hlavní aktivitu pro smeč a blok. Studie Malousaris et al. (2008) zjistila nižší průměrnou výšku Univerzálek elitního volejbalu s hodnotou $1,84 \pm 0,05$ m. Zjištěním této disertační práce bylo, že Univerzál dosáhl nejvyšší distance pohybu v delších úsecích od 0,7 m s celkem 984 m v horizontální rovině, ve srovnání s ostatními posty a nejnižší distance v distancích do 0,7 m (601 m mezi hráči se 100 % participací). Krátkými pohyby byl aktivní směrem Vpravo s 30,5 %. V utkání se pohybuje v zadní zóně 1 nebo v přední zóně 2. Zaměřuje se na útok jak z přední zóny, tak i ze zadní zóny a této hráčky často dosahují tělesné výšky jako Blokaři (Palao et al., 2014). Mroczek et al. (2014) taky zdůrazňuje, že hlavní činnosti postů jako je Smečář, Univerzál a Blokař je útok, který obsahuje aktivity vertikálního výskoku jak na smeč z přední a zadní zóny, ale taky výskok na blok.

Libero dominovalo hlavně v pohybu směrem Vlevo pro všechny distance pohybu s hodnotou kolem 33 % a směrem Vpřed s 29,8 %. Směr Vpravo zůstal poměrně neměnný na úrovni 18 %, ale pohyb směrem Vzad narostl o 13 % u kratších distancí z 20,4 % na 23,5 % a pohyb Vpřed klesl o 17,5 % z 29,8 % na 24,6 %. Tento post je charakteristický pro elitní hráčky s výškou $1,72 \pm 0,07$ a Palao et al. (2014) dále popisuje jeho hlavní aktivitu pro příjem podání a obranou činnost. Studie Malousaris et al. (2008) zjistila o málo nižší průměrnou výšku Libera s hodnotou $1,71 \pm 0,05$ m. Tento post dosahuje evidentně nejnižší tělesné výšky a taky podle Palao et al. (2014) i váhy $64,4 \pm 8,1$ kg mezi posty. Táto disertační práce zjistila, že Libero dosáhlo relativně velké distance pohybu v krátkých úsecích do 0,7 m s celkem 578,7 m v horizontální rovině navzdory tomu, že participovalo jenom v 77 % roze her, celková distance dosáhla 1376,8 m. V utkání se pohybuje jenom v zadních zónách a nejčastěji v zóně 5. Mroczek et al. (2014) přiřazuje aktivitu libera taky k obranné činnosti a konstantní změně pozice v době příjmu podání, vykrývání útoků vlastního družstva a ofenzivní činnosti proti soupeři. Jeho pohyb je při obranné činnosti velmi dynamický a přes to, že nevyužívá ve svých činnostech maximální vertikální výskok, explozivní síla dolních končetin by měla být podle Hedrick (2007) na vysoké úrovni. Podle studie Lehnert et al. (2009) je vysoká úroveň explozivní síly kritická pro pohyby v různých směrech pro všechny hráče.

Hedrick (2007) popisuje, že délka distance pohybu se vztahuje na specifickou motorickou činnost volejbalových hráčů. Pravděpodobně myslel rozdílnost mezi hráčskými specializacemi a individuální dynamikou jejich pohybu v utkání. Mroczek et al. (2014) dále potvrzuje, že volejbalový hráči musí být plně připraveni na velký počet maximálních vertikálních výskoků, ale hlavně z plošného hlediska pohybu v horizontální rovině, na rychlé a početné změny směru pohybu.

6.3 DISKUSE K VÝSLEDKOVÉ ČÁSTI RYCHLOSTI POHYBU

Studie Lehnert et al. (2009) říká, že pro volejbal je explozivní síla tím nejvíce základním determinantem výkonu většiny herních dovedností hráčů a dovoluje jim tak vykonávat aktivity pohybu jak ve vertikální, tak i horizontální rovině na vysoké úrovni a rychlosti. Shoduje se s ním novější studie Junior (2019). Volejbalová hra podle ní klade největší zátěž na schopnosti výskoku, a právě přemístění obrany ve velkých rychlostech. Sahin (2014) zdůrazňuje, že na zvyšování maximální rychlosti a akcelerace je velmi důležité rozvíjet komplexní lidskou lokomoci jak horní, tak i dolní částí těla. Běhy v lineárním směru mohou být právě ovlivněny mechanikou horních končetin, ale taky typem postavení dolních končetin při startu. Johnson et al. (2010) komparovala tři typy startovního postavení na rychlost sprintu u volejbalových hráčů. Muži dosahovali obecně nižšího času u sprintu a typ postavení s dominantní končetinou ve předu dosahoval nejlepších výsledků (nejkratšího času sprintu, $1,46 \pm 0,06$ s na 4,5 m). Studie spolu s Lockie et al. (2013) a Sheppard et al. (2006) dále zmiňují důležitý fakt, že ve sportovních hrách je schopnost vyvinout maximální rychlost za co nejkratší čas velmi důležité, ale taky to, že akcelerace, maximální rychlost a agilita jsou odlišné kvality výkonu. Proto se musí zvlášť měřit a rozvíjet. Úroveň síly a explozivní síly dolních končetin hraje výraznou roli nejen ve výkonu vertikálního výskoku, ale taky v samotné lokomoci, startech a běhu. Volejbalové přemístění pozice ve hřišti je často formou horizontálního „skoku“ do dálky, při kterém se musí hráč velmi dynamicky a rychle odrazit různým směrem a nejdůležitější je zmínit, že tyto pohyby se většinou dějí na základě určité reakce na podnět (pohyb soupeře, let míče, strategie) (Sheppard et al., 2006). Studie Šimonek et al. (2017) a Young et al. (2015; 2002) taky hodnotí rychlost a dynamickou pohyblivost (agilitu) jako dvě rozlišné komponenty výkonu. Rychlostní trénink, podle studií, nerozvíjí rychlostní schopnosti měnit směr a do elitního tréninku je nutné implementovat silně specifické požadavky konkrétního sportu. Tento specifický transfer zvyšování základních motorických schopností síly, rychlosti a vytrvalosti do motorických vzorců dané

sportovní techniky je principem elitního sportovního rozvoje (Zatsiorsky et al., 2020). Tramel et al. (2018) zjistil pozitivní silnou korelaci mezi relativní silou a taky absolutní silou spolu s výsledky výskoků a rychlostí pohybu v horizontální rovině (běžecký T-test; 5-0-5 test agility). Volejbalovým hráčům Tramel et al. (2018) doporučuje rozvíjet jak absolutní sílu, tak i relativní sílu a např. Lehnert et al. (2009) podporuje rozvoj rychlosti a explozivní síly u volejbalistek taky pomocí tréninkových metod plyometrie. Specifický excentrický trénink s přídatnou zátěží vede podle Sheppard et al. (2008) taky k signifikantnímu zlepšení ($p = 0,001-0,05$, $d = 1,06-1,97$) dynamického výkonu dolních končetin. Podporuje tento fakt jednoduchým principem progresivní adaptace organismu, tj. že volejbalové hráčky jsou na velký počet opakovaných plyometrických výskoků už adaptovány, proto nový tréninkový stimulus může přinést větší efekt.

Studie Jones et al. (2009) sice taky tvrdí, že úroveň rychlosti změny směru je pro elitní sport kriticky důležité, ale nevyklučuje metodu rozvoje těchto schopností přes trénink maximální lineární rychlostí. V tom nejdůležitějším aspektu pro efektivní změnu směru se studie Jones et al. (2009) spolu s dalšími studiemi Chaabene (2017), Maly et al. (2019), Sheppard et al. (2008), Spiteri et al. (2014), Young et al. (2002) shodují, že excentrická úroveň síly dolních končetin je rozhodujícím determinanem pro decelerační a akcelerační schopnosti. Tyto poznatky reflektují, podle Gabbet et al. (2008B), že efektivnost agility, jako komplexního propojení rychlosti, změny směru pohybu a koordinace, je limitována fyzicky a taky percepčními a rozhodovacími faktory. Wisbey et al. (2010) ve studii australského fotbalu mužů zjistil průměrnou rychlost pohybu v utkání 1,94 m/s. Michalsik et al. (2014) u házené elitních žen vyhodnotila průměrnou rychlost pohybu 1,48 m/s. Maximální rychlost dosahovala 30 km/h a četnost zrychlení pohybu dosahovala až 251 úseků. Ve studiích žen, hráčky fotbalu ve Trewin et al. (2018) dosahovali 174 ± 33 počtu úseků se zrychlením nad 2,26 m/s².

- Z pohledu elitního tréninku sportovních her se postupně dostáváme k tvrzení, že vrchol elitního výkonu a samotného tréninku tvoří individuální schopnost rozhodování a komplexní kooperace motoricky koordinované maximální síly s reakčními a kognitivními schopnostmi (Sheppard et al., 2006; Clemente et al., 2014)

Deskriptivní analýza této disertační práce ukázala, že na relativně malém prostoru a v úsecích distance jak do 0,7 m tak i nad 0,7 hráči dosahovali rychlostí od 1,38 do 7,64 m/s ve všech třech rovinách X, Y, Z. To znamená, že hráči byli nuceni překonat za tak krátký čas jako je jedna sekunda i 1,5 nebo 2,5 m. Vyšších výsledků rychlosti připisujeme pohybům jako jsou pády nebo vzlety. Kvalitativní analýza, kdy a jak docílily této rychlosti

nebo zrychlení už nebyla v naší práci provedena, a doporučujeme tento limit práce v budoucnu rozšiřovat.

Studie basketbalu mužů Erčulj et al. (2008) zjistila průměrnou rychlost pohybu 1,86 m/s. Maximální rychlost na 50 % (q50) dosahovala v naší studii od 1,5 až 2 m/s a lišila se v různých směrech. Nejvyšší průměrné hodnoty dosahovali hráči směrem Vpřed ($1,9 \pm 0,1$ m/s) a směrem vzad dosahovali hodnotu o 26 % méně. Nejrychlejším hráčem s průměrnou hodnotou byl Nahrávač ve směru Vpřed (2,09 m/s). Celkové maximální rychlosti ale dosáhl post Libero (7 m/s). Tato analýza rychlosti a zrychlení pohybu může být taky ovlivněna, jak samotní metodou 3D kinematické analýzy a úrovní rychlosti snímkování (údaje o pozici byli zaznamenány každých 20 ms), tak individuálními „vynucenými“ pohyby, jako je pád nebo vzletová rychlost při vertikálním výskoku. Moderní technologie akcelometrů pracují na úrovni 100 Hz, a zaznamenávají údaje každých 10 ms (Barron et al., 2014). Bohužel, jsme při našem bádání po vědeckých studiích nenašli doposud žádnou studii, která by evaluovala rychlost pohybu volejbalových hráčů jak mužské, tak i ženské kategorie. V tomto případě můžeme komparovat jiné sportovní hry. Studie Barron et al. (2014) ukazuje, že hráči fotbalu dosahují zrychlení od 2 do 20 m/s². V naší studii dosáhl zrychlení nad 20 m/s² jedině post Smečar ve směru Vpřed, Libero ve směru Vzad a Blokař ve směru Vpravo, ale ve srovnání se sportovními hrami fotbal, házená nebo basketbal je velice těžké komparovat volejbal. Pohyb je omezen na velmi malé hřiště a hráči se dostanou do plynulého běhu velice ojedinele. Jarning et al. (2015) využíval akcelometru jenom pro zjištění četnosti výskoků pro prevalenci patelární tendinopatie. Studie Sahin (2014) potvrdil pozitivní korelaci mezi úrovní vertikálního výskoku a úrovní akcelerace a agility ($r = -0,799, -0,777$). Studie tento vztah ve volejbale považuje za fundamentální, u obou je totiž dominantní produkce velké síly a rapidních pohybů využívajících mechanismus cyklu natažení a zkrácení (anglicky „Stretch Shortening Cycle“; SSC). Mladí volejbalový hráči dosahovali ve studii Šimonek et al. (2017) nejvyšších korelačních výsledků ve čtyřech z pěti testů (od 0,569 do 0,768) rychlosti a agility než hráči fotbalu, házené nebo basketbalu. Volejbal je ve své podstatě velmi dynamickým sportem, v němž motorický projev hráčů neustále mění svůj charakter (Grgantov et al., 2013; Pereira et al., 2015). Vzhledem k velikosti jedné poloviny hrací plochy (9 m x 9 m) a počtu hráčů (celkem 6 v jedné polovině hřiště) můžeme předpokládat, že prostor pro provádění pohybů je relativně malý. Z toho důvodu apelujeme na monitoring a zvýšenou pozornost na pohyb hráčů ve hřišti. Pohyb zahrnuje akceleraci až 7 do 20 m/s² na začátku pohybu, logicky následují rapidní decelerace na velmi malém místě a výskoky. Tyto pohyby můžou mít vliv na kvalitu herního výkonu během utkání a s elitní úrovní se pravděpodobně zvyšuje rychlost (Silva et al., 2016A).

Strategie hry by měla být přínosná nejen proti soupeři, ale také pro domácí tým, což znamená připravit hráče na jejich individuální potřeby.

6.4 DISKUSE K VÝSLEDKOVÉ ČÁSTI HERNÍHO ZATÍŽENÍ

Koeficient externího herního zatížení (HZ) jsme pro tuto disertační práci determinovali jako kumulaci jednotlivých zrychlení pro všechny osy pohybu u všech postů v každé rozehrě. Pro bližší specifikaci HZ jsme sledovali rozdílné roviny pohybu a taky intenzit HZ podle úrovně zrychlení. Tento typ vyhodnocení akutních změn rychlosti pohybu ve všech třech osách nám nabízí informace o určité „pohybové strategii“ hráče. V průběhu utkání nám může odhalit úroveň únavy (Barret et al., 2016). Tento parametr (anglicky Player Load; PL) je ve sportovních hrách evaluován hlavně akcelometrem. Na denní bázi je využíván ve sportovních hrách jako je fotbal, rugby a americký fotbal nebo basketbal. Podle podle Trewin et al. (2018), ve fotbalovém utkání žen dosahují dospělé hráčky průměrného herního zatížení 1096 ± 239 . Komparace hráčů byla provedena jenom deskriptivně. Svilar et al. (2018) hodnotil herní zatížení v basketbale, ale v mužské kategorii. Hodnoty dosahovali $314,9 \pm 90,0$, ale studie neobsahovala analýzu mezi hráči. Vázquez-Guerrero et al. (2018) využila stejnou metodu a zjistila výrazné rozdíly mezi úrovní akcelerace a decelerace ($p < 0,05$; $ES = 0,54$) a hlavně v zatížení v rychlostech nad 3 m/s^2 mezi jednotlivými hráčskými specializacemi. Oboje studie pracovali s mužskými hráči. Kniubaite et al. (2019) vyhodnotil velikost HZ v utkání házené žen. Tato studie rozlišovala celkový čas utkání a aktuální čas, kdy vyloučili všechny přestávky a hráčky byli na hřišti. Herní zatížení dosahovalo $335 \pm 142,3$ s průměrnými $84,8 \pm 5,1 \%$ TFmax. Tyto hodnoty je velmi těžké srovnávat s naší studií. Herní zatížení volejbalistek se odráží ve velkém množství rychlých pohybů nad $3,5 \text{ m/s}^2$. Navzdory tomu, že v naší studii dosáhli čistého hracího času 21,1 min, průměrné celkové herní zatížení HZ_{Full} dosáhlo hodnotu $252,2 \pm 188,9$. Úrovně HZ jsme statisticky srovnávali mezi jednotlivými herními specializacemi, posty. Analýza ukázala sig. rozdílnost ($p < 0,05$) mezi HZ_{Full} mezi postem Nahrávač a Univerzál (median 189,3 vs 165,5). Výrazně, no ne sig. nejvyššího výsledku dosahoval post Libero s $294,5 \pm 212,5$. Průměrná maximální hodnota dosahovala v nejdelších rozehrách až 1157,1 no 85 % všech rozeher obsahovalo HZ do 417,5. Analyzované byli celkem 4 sety, které po součtu údajů všech pěti hráčských specializací umožnili komparaci mezi celkem 997 údaji. S podobným principem evaluovala HZ volejbalistek studie Vlandes & Readdy (2017). Použila akcelometry „Catapult Optimeye S5“ v utkání americké vysokoškolské ligy žen. Průměrně dosahovali hráčky ve 4 setovém

utkání HZ $446 \pm 98,9$ a nejvyšší hodnotu dosahoval post Nahrávač $627 \pm 25,6$. Studie taky potvrdila sig. rozdíl ($p < 0,01$) v celkovém HZ mezi Nahrávačem a ostatními posty (Smečař, Libero a Blokař). Post Univerzál studie pravděpodobně přiřadila k Smečařům. Dále taky potvrdila rozdíl mezi HZ Smečařů a Libera. Rozdíl mezi HZ ve 3 setovém a 4 setovém utkání ukázal nárůst HZ o 25,1 %. Hodnoty této studie jsou relativně vyšší ($252,2 \pm 188,9$ vs. $446 \pm 98,9$), ale ne zcela odlišné. V naší práci, post-hoc analýza ukázala těsný výsledek taky mezi posty Nahrávač vs. Smečař ($p = 0,087$) a Libero vs. Univerzál ($p = 0,077$). Rozdílnost může způsobovat samotná metoda sběru dat (akcelometr s frekvencí náběru 100 Hz) a taky samotný herní projev družstva. Z dostupných vědeckých studií, se tato nejvíce přibližuje našemu tématu.

Z hlediska intenzit celkového herního zatížení jsme rozdělili HZ na HZ_{Full} (0 m/s^2 a více), HZ_{Exp} ($3,5 \text{ m/s}^2$ a více), HZ_{High} (2 až $3,5 \text{ m/s}^2$) a HZ_{Norm} (0 až 2 m/s^2) a sig. rozdílnost byla prokázána mezi všemi skupinami ($p < 0,001$). HZ_{Exp} dosáhlo za celé utkání průměrnou hodnotu v rozehře $195,1 \pm 162,8$. HZ_{High} dosahovalo jenom necelých 30 %. Ve studii Vlantes & Readdy (2017) dosahovaly intenzity HZ vyšší než 2 m/s^2 jenom 8 %. V naší studii jsme ale rozlišovali HZ od 2 do $3,5 \text{ m/s}^2$ a HZ od $3,5 \text{ m/s}^2$. HZ se zrychlením vyšším než $3,5 \text{ m/s}^2$ dosáhlo v komparované studii jenom necelých 5 %. Jde tedy o zcela odlišný výsledek s naším (77,4 %). Tento rozdíl musíme přiřadit k rozdílné metodice sběru dat a tomu, že studie Vlantes & Readdy (2017) použila data, které zpracoval software přiřazený ke konkrétnímu akcelometru. Ten sice pro výpočet HZ používá stejného vzorce, ale filtrace jednotlivých úseků pohybu nám není známá. Velmi důležitým faktorem je, že výsledky kriticky ovlivňuje čas sběru dat.

Ve studii Vlantes & Readdy (2017) je známo, že záznam pohybu senzory byl už od 45 min před začátkem utkání. Přestávky a objem pomalého pohybu před utkáním, mezi rozehrami a setmi musel kriticky ovlivnit analyzovaná data. Hlavně nespecifický pohyb, který hráčky vykonávali v ne-herní době. Tento fakt vysvětluje tak malý poměr mezi rychlým a pomalým pohybem.

- Velmi důležitým zjištěním v naší studii bylo, že HZ_{Exp} (zrychlení vypočítáno z 3D kinematické analýzy nad $3,5 \text{ m/s}^2$ se snímkovací frekvencí 20 ms) tvořil až 77,4 % z celkového HZ_{Full} v elitních rozehrách volejbalového utkání žen.

Tento výsledek může odpovídat teorii, že volejbalový hráči tráví většinu svého pohybového projevu rychlými a dynamickými pohyby (Sheppard et al., 2006).

Z hlediska plošného pohybu jsme viděli důležitost v evaluaci herního zatížení jenom v horizontální rovině X, Z. Z tohoto aspektu jsme zjistili sig. rozdílnost ($p < 0,05$) mezi celkovým HZ_{Full} postů Blokař a Nahrávač, Nahrávač a Smečař, Nahrávač a Univerzál. Post

nahrávač v této rovině dosahoval nejvyššího zatížení ve smyslu rychlosti pohybu. Potvrzuje se nám předchozí tvrzení Mroczek et al. (2014), že Nahrávač je v horizontální rovině nucen velmi často střídat pozici z obrany do nahrávky a zpět. V distanci pohybu dosáhl v krátkých pohybech do 0,7 m největší výsledek ze všech postů 690 m.

Z hlediska herního zatížení ve vertikální rovině Y dosáhli sig. rozdíly ($p < 0,05$) posty Libero a Univerzál, Nahrávač a Univerzál. Libero a Nahrávač dosáhli vyšších průměrných hodnot než ostatní hráči pravděpodobně z častého snižování pozice trupu při obraně a pohybu po hřišti. Ostatní posty jsou sice aktivní ve vertikálním výskoku při útoku, nebo bloku, ale z herního hlediska většinou jenom jednou nebo dva krát za rozebru. Obranná činnost a pohyb s nízkým těžištěm je pravděpodobně na vertikální pohyb náročnější a po dobu jedné roze hry častější.

Z hlediska explozivního zatížení ve zrychleních nad $3,5 \text{ m/s}^2$ a specificky ve vertikální rovině jsme zjistili velmi vysokou sig. rozdílnost ($p < 0,001$) mezi všemi posty. Nejnižších hodnot dosahovali posty Smečar a Univerzál, nejvyšších opět Libero a Nahrávač.

6.5 DISKUSE K VÝSLEDKOVÉ ČÁSTI VÝSLEDKU ROZE HRY

Ve sportovních hrách komparovala herní zatížení s výsledkem utkání studie Vučkovic & James (2010), konkrétně distanci pohybu mezi 1429 vyhranými a prohranými roze hrami v squashu. Výherci všech různě dlouhých roze her dosáhli v průměru o 0,71 m ($p < 0,05$) kratší distanci (poražený dosáhl ve 41,4 % roze hrách kratší distanci). Závěrem bylo, že donucení soupeře o dosažení delší distance pohybu není jistým předpokladem k výhře. Studie využila taky automatizovaného trasování hráčů, která snímala hřiště kolmo z vrchu. Studie Sánchez-Moreno et al. (2015) hodnotila taky úspěšnost utkání vzhledem k trvání roze her. Vítězství v dlouhých roze hrách (čas $> 10 \text{ s}$) zvyšovalo vítězství v nadcházející roze hře celkem 1,65 krát ve srovnání s krátkými roze hrami (čas $< 6 \text{ s}$) a 1,62 krát ve srovnání se středně trvajících roze hrami (čas 6 až 10 s). Je obtížné říct, jestli se 10 s roze hra dá pokládat za dlouhou, jelikož 85 % všech námi zkoumaných roze her dosahovalo čas do 12,4 s a 95 % do 18 s. Studie zdůrazňuje důležitost dlouhých roze her, jako kritického okamžiku pro mobilizaci družstva do vítězství. Naopak, čím kratší byla roze hra pro družstvo ve fázi „side-out“, tím větší byla pravděpodobnost výhry. Sanders et al. (2018) využil akcelometry pro evaluaci zatížení ve formě četnosti decelerací a akcelerací mezi výherními a prohranými utkáními, sice výherní utkání dosahovali vyššího počtu akcelerací ($22,2 \pm 8,9$ vs. $19,1 \pm 5,4$), nebyla prokázána sig. významnost

rozdílu. Pozitivní výsledek ($p < 0,05$) zjistili jenom u efektivnosti útoku mezi prohranými a vyhranými rozechrami ($0,266 \pm 0,190$ vs. $0,130 \pm 0,129$). Analýza mezi zatížením (četnosti výskoků) výherních a prohraných rozehrách neprokázala ve studii Sheppard et al. (2009) statistickou významnost mezi žádnými z hráčů ($p < 0,05$).

V nedávných studiích byl použit podobný přístup k softwarové analýze volejbalové hry (Coleman, 1997; Hank et al., 2016; Häyrinen et al., 2004, 2011, 2012; Chen et al., 2011; 2012; LI et al., 2017; Lobiatti, 2009; Seminati et al., 2015, Silva et al., 2016). Silva et al. (2016) analyzovali rotace ve vztahu k výsledku zápasu. Přes vyvážený výsledek, mají různé rotace kladné i záporné stránky strategie a externího zatížení hráčů. Široká škála specifických povinností každého postu během hry způsobují, podle studie, horší možnost komparace mezi hráči.

Strategie hry je totiž nezanedbatelným faktorem, který určuje možné rozdíly v zatížení hráčů. Jak to pravidla hry dovolují, Libero a Blokaři se neustále střídají na hřišti mezi přestávkami v rozechře, takže podle rozdílů v účasti je vyžadována procentuální kvantifikace frekvence pohybu.

- Z hlediska úspěšnosti rozechry jsme statisticky prokázali signifikantní rozdílnost ($p < 0,05$) v celkové velikosti externího herního zatížení ve výherních rozehrách sledovaného družstva (HZFull $264,1 \pm 199,7$ vs. $237,2 \pm 173,4$). Ale jak říká studie Sánchez-Moreno et al. (2015), je v tomto případě důležité sledovat stranu „side-out“ a taky, které družstvo mělo v delších výherních rozehrách podání, protože stejný čas rozechry platí jak pro vítězné, tak i pro výherní družstvo, ale úroveň herního zatížení se může lišit individuální pohybovou aktivitou hráčů (jak z důvodu motorické výkonnosti, tak z hlediska strategie).

KAPITOLA 7. ZÁVĚR PRÁCE

Monitoring herního zatížení se dnes s nástupem stále dostupnějších technologií dostává na denní tréninkovou bázi sportovních her. Interní a externí zatížení spolu úzce souvisí a disharmonie mezi zatížením v tréninku, utkání a odpočinku vede k rozšiřování virových infekcí, zranění až pře-trénování. Optimalizace akutního a chronického zatížení napříč celou sezónou má za cíl co nejvíce specificky zefektivnit tréninkový proces, zvyšovat specifickou výkonnost, zlepšovat fyzické a psychické zdraví hráče a minimalizovat riziko zranění. Zjistit specifické nároky utkání sportovních her je pro optimalizaci tréninku kritické (zatížení z hlediska objemu, intenzity, frekvence, psychické náročnosti, složitosti pohybu, složitosti herních kombinací, četnosti opakovaných úkonů). Oficiální a reálné podmínky se často dostanou do konfliktu s nedostatkem znalostí o skutečné zátěži dané sportovní hry. Z hlediska biomechanického externího zatížení můžeme evaluovat tzv. stupeň akcelerace neboli anglického termínu pod ochranní známkou „Player Load™“; v českém jazyku herní zatížení, hráčské zatížení, který nám vyjadřuje sumu jednotlivých akcelerací ve všech třech osách pohybu. Tyto hodnoty spolu s detailní analýzou celkových a částečných distancí pohybu v elitním volejbalovém utkání nebyli do této doby stanoveny.

Na tomto základě bylo cílem této disertační práce kvantifikovat a komparovat parametry externího herního zatížení během oficiálního utkání sportovních her, konkrétně volejbalu. Studie tak přináší unikátní údaje o objemu pohybu jednotlivých hráčských specializací a rozdílech mezi nimi. V této studii byl analyzován celkový počet 4 setů ($41,8 \pm 2,2$ rozeher v setě) s celkem 167 rozehrami a 4675 úseky distancí. Pro vyhodnocení pohybu jednotlivých hráčů byla vybrána metoda 3D kinematické analýzy pohybu. Poloautomatické trasování kalibrovaným prostorem bylo zvoleno z důvodu nemožnosti zasahovat do oficiálního utkání pro implementaci tělních markerů nebo akcelerometrů. Navrhovaná analýza výkonu naznačuje podstatnou složku monitorování a vyhodnocení externího zatížení všech hráčských specializací, a může tak sloužit jako pilotní základ pro implementaci do specifické pohybové a kondiční přípravy. Sledování objemu zatížení v průběhu sezóny je kritickým faktorem rozvoje výkonu, managementu únavy, ale taky prevence před zraněním. Limitem této studie byla omezená velikost vzorku a velký, časově náročný proces zpracování dat.

7.1 ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ VÝSLEDKŮ PRÁCE

- Průměrný čas rozeher v této studii dosáhl hodnot $7,76 \pm 5,1$ s.
- Průměrná distance pohybu v rozehrě dosáhla hodnot $8,8 \pm 6,4$ m.
- Průměrná relativní distance pohybu dosáhla hodnot $67,2 \pm 13$ m/min.
- Průměrná rychlost pohybu v rozehrách dosáhla hodnot $1,5 \pm 0,1$ m/s.
- Průměrné herní zatížení v rozehrách dosáhlo hodnot $252,2 \pm 188,9$.
- Hypotéza 1 nebyla v práci potvrzena, hráčská specializace „Libero“ nedosáhlo signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné průměrné distance pohybu v horizontální rovině X, Z v komparaci s průměrnými hodnotami ostatních hráčských specializací „Smečář“, „Blokař“, „Univerzál“ a „Nahrávač“.
- Hypotéza 2 byla potvrzena z části. V elitních volejbalových rozehrách existovala signifikantně odlišná ($p < 0,05$) úroveň celkového herního zatížení HZFull jenom mezi hráčskými specializacemi Nahrávač a Univerzál.
- Hypotéza 3 v této práci byla potvrzena, celkové explozivní herní zatížení (HZExp; $< 3,5$ m/s²) dosahovalo signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty v komparaci s celkovým středním herním zatížením (HZNorm; 0 do 2,0 m/s²).
- Hypotéza 4 nebyla potvrzena, hráčská specializace „Libero“ nedosáhlo signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty celkového herního zatížení v horizontální rovině X, Z (EZxz) v komparaci s ostatními specializacemi „Smečář“, „Blokař“, „Univerzál“ a „Nahrávač“. V horizontální rovině dosáhli sig. významného rozdílu specializace Blokař vs. Nahrávač a Nahrávač vs. Univerzál a Smečář.
- Hypotéza 5 v této práci nebyla potvrzena, hráčská specializace „Blokař“ nedosáhla signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty celkového herního zatížení ve vertikální rovině Y (EZY) v komparaci s ostatními specializacemi „Smečář“, „Libero“, „Univerzál“ a „Nahrávač“. Ve vertikální rovině Y dosáhli sig. významného rozdílu specializace Libero a Univerzál, Nahrávač a Univerzál.
- Hypotéza 6 byla v této práci částečně potvrzena, všechny hráčská specializace dosáhli signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty explozivního herního zatížení ve vertikální rovině Y (HZExp_y; $< 3,5$ m/s²).
- Hypotéza 7 v této práci byla potvrzena částečně. Ve výherních rozehrách dosahovali hráči signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty celkového herního zatížení (HZFull) v komparaci s prohranými rozehrami, ale velikost účinku faktoru výsledku roze hry dosáhl malého efektu $d = 0,12$.

Pro další analýzu zatížení a možnou objektivizaci doporučujeme:

1. analyzovat vyšší počet elitních utkání a hráčů
2. analyzovat a komparovat utkání z hlediska pohlaví
3. analyzovat a komparovat různou úroveň utkání
4. analyzovat různé věkové kategorie
5. implementovat do analýzy faktor interního zatížení
6. implementovat do analýzy genetickou analýzu hráčů pro evaluaci předpokladů rychlostních, silových a vytrvalostních schopností
7. implementovat do analýzy diagnostiku rychlostních, silových a vytrvalostních schopností
8. implementovat do analýzy oficiálního volejbalového utkání akcelometry s modulem GPS

KAPITOLA 8. PRAKTICKÁ APLIKACE

- **PRINCIPY PERIODIZACE A APLIKACE INDIVIDUÁLNÍHO TRÉNINKOVÉHO MODELU**

Rozšíření vědomosti o externím zatížení ženského a mužského volejbalu mají za cíl objektivizovat nároky této sportovní hry na individuální hráčská specializace. Fundamentální složkou jak technického, tak i kondičního tréninku bude následně více detailní stanovení objemu a intenzity cvičení, které bude blíže odpovídat reálným nárokům ve hře (utkáni). **Optimální míra zatížení hráče** v tréninku má za cíl progresivně rozvíjet hráčské kvalitativní a kvantitativní kapacity, **zvyšovat výkon a minimalizovat riziko zranění** (Yeung & Yeung, 2001).

- **MONITORING A TRÉNINKOVÁ STRATEGIE**

Sledování **akutní zátěže v tréninku** je dnes rozšířené v mnoha sportovních hrách. Ve volejbale se poslední dobou využívají ekonomicky dostupnější akcelometry, no na úkor přesnosti a typu dat, které jsou schopny poskytnout. Monitorování jak interního (Srdeční frekvence), tak externího zatížení (distance pohybu, herní zatížení, počet opakovaných sprintů, výška výskoku, počet skoků) nám poskytuje údaje o výkonu a reakce hráče na zátěž. **Vysoký a nízký výkon hráče** tak můžeme **hned rozeznat**. Na tomto základě je možné trénink přizpůsobovat pro specifický cíl, přidat nebo ubrat zátěž.

- **INTER-PERSONÁLNÍ KOMPARACE HERNÍHO VÝKONU HRÁČŮ**

Sledování chronického a akutního výkonu nám slouží pro **komparaci výsledků mezi jednotlivými hráči** v tréninkových jednotkách a může taky sdělit informace o stupni únavy, který se v čase může měnit.

- **INTRA-PERSONÁLNÍ KOMPARACE HERNÍHO VÝKONU JEDNOTLIVCE**

Sledování chronického a akutního výkonu nám slouží pro **komparaci výsledků hráče** v jedné nebo mezi jednotlivými tréninkovými jednotkami a může taky sdělit informace o stupni únavy, který se v čase může měnit.

- **IDENTIFIKACE TALENTŮ**

Longitudinálním sběrem dat a evaluaci indikátorů pro determinanty limitní výkonnosti v elitním volejbale můžeme budovat povědomí o **profile elitního volejbalistu** z hlediska motorického výkonu. Laboratorní a terénní diagnostikou tak může **identifikovat jedince** s více, nebo méně rozvinutými **předpoklady**, ale taky **slabé a silné stránky mladých talentů**. **Navzdory úrovni talentovanosti, dlouhodobý specializovaný trénink je pro dosažení elitní úrovně kritický** (Gonçalves et al., 2012).

REFERENCE

1. Akazawa, N., Kobayashi, N., Nakamura, Y., Kumagai, H., Choi, Y., & Maeda, S. (2019). Effect of sleep efficiency on salivary metabolite profile and cognitive function during exercise in volleyball athletes. *European journal of applied physiology*, 119(10), 2215-2223.
2. Afonso, J., Mesquita, I., Marcelino, R., & Da Silva, J. A. (2010). Analysis of the setter's tactical action in high-performance women's volleyball. *Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology*, 42(1), 82-89.
3. Allen, S. V., & Hopkins, W. G. (2015). Age of peak competitive performance of elite athletes: a systematic review. *Sports Medicine*, 45(10), 1431-1441.
4. Andrade Nogueira, F. C. D., Nogueira, R. A., Coimbra, D. R., Miloski, B., Freitas, V. H. D., & Bara Filho, M. (2014). Internal training load: perception of volleyball coaches and athletes. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 16(6), 638-647.
5. Arazi, H., Asadi, A., Nasehi, M., & Delpasand, A. (2012). Cardiovascular and blood lactate responses to acute plyometric exercise in female volleyball and handball players. *Sport Sciences for Health*, 8(1), 23-29.
6. Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *International journal of sports physiology and performance*, 6(3), 295-310.
7. Beneka, A., Malliou, P., Gioftsidou, A., Tsigganos, G., Zetou, H., & Godolias, G. (2009). Injury incidence rate, severity and diagnosis in male volleyball players. *Sport Sciences for Health*, 5(3), 93-99.
8. Bara Filho, M. G., Andrade, F. C. D., Nogueira, R. A., & Nakamura, F. Y. (2013). Comparisson of different methods of internal load control in volleyball players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 19(2), 143-146.
9. Barrett, S., Midgley, A. W., Towlson, C., Garrett, A., Portas, M., & Lovell, R. (2016). Within-match PlayerLoad™ patterns during a simulated soccer match: potential implications for unit positioning and fatigue management. *International journal of sports physiology and performance*, 11(1), 135-140.
10. Barron, D. J., Atkins, S., Edmundson, C., & Fewtrell, D. (2014). Accelerometer derived load according to playing position in competitive youth soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(3), 734-743.

11. Bartlett, J. D., O'Connor, F., Pitchford, N., Torres-Ronda, L., & Robertson, S. J. (2017). Relationships between internal and external training load in team-sport athletes: evidence for an individualized approach. *International journal of sports physiology and performance*, 12(2), 230-234.
12. Beato, M., Coratella, G., Schena, F., & Hulton, A. T. (2017). Evaluation of the external and internal workload in female futsal players. *Biology of Sport*, 34(3), 227.
13. Belka, J., Hulka, K., Safar, M., Weisser, R., & Samcova, A. (2014). Analyses of time-motion and heart rate in elite female players (u19) during competitive handball matches. *Kinesiology*, 46(1).
14. Bennett, S. (2006). Sport Specificity: How Far Do You Take It?. *Strength and Conditioning Journal*, 28(4), 29.
15. Bere, T., Kruczynski, J., Veintimilla, N., Hamu, Y., & Bahr, R. (2015). Injury risk is low among world-class volleyball players: 4-year data from the FIVB Injury Surveillance System. *British journal of sports medicine*, 49(17), 1132-1137.
16. Black, B. (1995). Conditioning for volleyball. *Strength & Conditioning Journal*, 17(5), 53-55.
17. Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of sports science & medicine*, 6(1), 63.
18. Boden, B. P., Sheehan, F. T., Torg, J. S., & Hewett, T. E. (2010). Non-contact ACL injuries: mechanisms and risk factors. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 18(9), 520.
19. Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). Periodization. *Theory and methodology of training*, 5.
20. Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2015). *Periodization Training for Sports*, 3E. Human kinetics.
21. Borelli, G. A. (1743). *De motu animalium*. Apud Petrum Gosse.
22. Boyle, M. (2016). *New functional training for sports*. Human Kinetics.
23. Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport. *Sports medicine*, 38(12), 1045-1063.

24. Burgess, D. J. (2017). The research doesn't always apply: practical solutions to evidence-based training-load monitoring in elite team sports. *International journal of sports physiology and performance*, 12(s2), S2-136.
25. Cahill, N., Lamb, K., Worsfold, P., Headey, R., & Murray, S. (2013). The movement characteristics of English Premiership rugby union players. *Journal of Sports Sciences*, 31(3), 229-237.
26. Cardinale, M., Newton, R., & Nosaka, K. (Eds.). (2011). *Strength and conditioning: biological principles and practical applications*. John Wiley & Sons.
27. Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer. *Sports medicine*, 38(10), 839-862.
28. Castillo, D., Raya-González, J., Manuel Clemente, F., & Yanci, J. (2020). The influence of youth soccer players' sprint performance on the different sided games' external load using GPS devices. *Research in Sports Medicine*, 28(2), 194-205.
29. Cisar, C. J., & Corbelli, J. (1989). The volleyball spike: A kinesiological and physiological analysis with recommendations for skill development and conditioning programs. *NSCA Journal*, 11(1), 4-80.
30. Ciuffarella, A., Russo, L., Masedu, F., Valenti, M., Izzo, R. E., & De Angelis, M. (2013). Notational analysis of the volleyball serve. *Timisoara Physical Education and Rehabilitation Journal*, 6(11), 29-35.
31. Clemente, F. M., Martins, F. M., & Mendes, R. S. (2014). Periodization based on small-sided soccer games: Theoretical considerations. *Strength & Conditioning Journal*, 36(5), 34-43.
32. Clemente, F. M., Mendes, B., Palao, J. M., Silvério, A., Carriço, S., Calvete, F., & Nakamura, F. Y. (2019B). Seasonal player wellness and its longitudinal association with internal training load: study in elite volleyball. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 59(3), 345.
33. Clemente, F. M., Silva, A. F., Clark, C. C., Conte, D., Ribeiro, J., Mendes, B., & Lima, R. (2020). Analyzing the seasonal changes and relationships in training load and wellness in elite volleyball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(aop), 1-10.

34. Clemente, F. M., Rabbani, A., Conte, D., Castillo, D., Afonso, J., Truman Clark, C. C., ... & Knechtle, B. (2019B). Training/match external load ratios in professional soccer players: A full-season study. *International journal of environmental research and public health*, 16(17), 3057.
35. Cloes, M., Croisier, J. L., Barsin, M., Ciccarone, G., & Forthomme, B. (2004). Analysis of the volleyball spike: relationships between several parameters and the speed of the ball.
36. Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological bulletin*, 112(1), 155.
37. Colby, M. J., Dawson, B., Heasman, J., Rogalski, B., & Gabbett, T. J. (2014). Accelerometer and GPS-derived running loads and injury risk in elite Australian footballers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2244-2252.
38. Coleman, S. (1997). A three-dimensional kinematic analysis of the volleyball jump serve. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
39. Coleman, S. G. S., Benham, A. S., & Northcott, S. R. (1993). A three-dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. *Journal of sports sciences*, 11(4), 295-302.
40. Costa, G., Afonso, J., Brant, E., & Mesquita, I. (2012). Differences in game patterns between male and female youth volleyball. *Kinesiology*, 44(1).
41. Dalen, T., Jørgen, I., Gertjan, E., Havard, H. G., & Ulrik, W. (2016). Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 351-359.
42. Davis, D. L. (1968). A cinematographic comparison of a volleyball spike performed with and without ankle weights.
43. Dearing, J. (2018). *Volleyball Fundamentals*, 2E. Human Kinetics.
44. Diderot, D. (1970). *Encyclopédie de Diderot et d'Alembert*. FM Ricci.
45. Dopsaj, M., Čopić, N., Nešić, G., & Sikimić, M. (2012). Jumping performance in elite female volleyball players relative to playing positions: a practical multidimensional assessment model. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 6(2).
46. Dunn, O. J. (1964). Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*, 6(3), 241-252.

47. Eliakim, A., Portal, S., Zadik, Z., Meckel, Y., & Nemet, D. (2013). Training reduces catabolic and inflammatory response to a single practice in female volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3110-3115.
48. Erčulj, F., Dežman, B., Vučković, G., Perš, J., Perše, M., & Kristan, M. (2008). An analysis of basketball players' movements in the slovenian basketball league play-offs using the sagit tracking system.
49. Ficklin, T., Lund, R., & Schipper, M. (2014). A comparison of jump height, takeoff velocities, and blocking coverage in the swing and traditional volleyball blocking techniques. *Journal of sports science & medicine*, 13(1), 78.
50. Figueroa, P. J., Leite, N. J., & Barros, R. M. (2006). Tracking soccer players aiming their kinematical motion analysis. *Computer Vision and Image Understanding*, 101(2), 122-135.
51. Foster, C. A. R. L. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(7), 1164-1168.
52. Freitas, V. H., Nakamura, F. Y., Miloski, B., Samulski, D., & Bara-Filho, M. G. (2014). Sensitivity of physiological and psychological markers to training load intensification in volleyball players. *Journal of sports science & medicine*, 13(3), 571.
53. Fuchs, P. X., Menzel, H. J. K., Guidotti, F., Bell, J., von Duvillard, S. P., & Wagner, H. (2019). Spike jump biomechanics in male versus female elite volleyball players. *Journal of sports sciences*, 37(21), 2411-2419.
54. Gabbett, T. J. (2008A). Do skill-based conditioning games offer a specific training stimulus for junior elite volleyball players?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 509-517.
55. Gabbett, T. J., Kelly, J. N., & Sheppard, J. M. (2008B). Speed, change of direction speed, and reactive agility of rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 174-181.
56. Gabbett, T., Georgieff, B., Anderson, S., Cotton, B., Savovic, D., & Nicholson, L. (2006). Changes in skill and physical fitness following training in talent-identified volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(1), 29-35.
57. Gageler, H. W., Wearing, S., & James, A. D. (2015). Automatic jump detection method for athlete monitoring and performance in volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 284-296.

58. Galé-Ansodi, C., Castellano, J., & Usabiaga, O. (2016). Effects of different surfaces in time-motion characteristics in youth elite tennis players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3), 860-870.
59. García-de-Alcaraz, A., Ramírez-Campillo, R., Rivera-Rodríguez, M., & Romero-Moraleda, B. (2020). Analysis of jump load during a volleyball season in terms of player role. *Journal of Science and Medicine in Sport*.
60. Gazzano, F., & Gabbett, T. (2017). A practical guide to workload management and injury prevention in college and high school sports. *06 Understanding and managing stress in collegiate athletics*, 4(4), 30.
61. Giatsis, G., Kollias, I., Panoutsakopoulos, V., & Papaiakovou, G. (2004). Volleyball: Biomechanical differences in elite beach-volleyball players in vertical squat jump on rigid and sand surface. *Sports Biomechanics*, 3(1), 145-158.
62. Gomez, G., López, P. H., Link, D., & Eskofier, B. (2014). Tracking of ball and players in beach volleyball videos. *PloS One*, 9(11), e111730.
63. Gómez-Carmona, C. D., Pino-Ortega, J., Sánchez-Ureña, B., Ibáñez, S. J., & Rojas-Valverde, D. (2019). Accelerometry-Based External Load Indicators in Sport: Too Many Options, Same Practical Outcome?. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 5101.
64. Gonçalves, C. E., Rama, L. M., & Figueiredo, A. B. (2012). Talent identification and specialization in sport: an overview of some unanswered questions. *International journal of sports physiology and performance*, 7(4), 390-393.
65. González, C., Ureña Espa, A., Llop, F., Garcia, J. M., Martin, A., & Navarro, F. (2005). Physiological characteristics of libero and central volleyball players.
66. Greenwood, D., Davids, K., & Renshaw, I. (2012). How elite coaches' experiential knowledge might enhance empirical research on sport performance. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 7(2), 411-422.
67. Grgantov, Z., Milić, M., & Katić, R. (2013). Identification of explosive power factors as predictors of player quality in young female volleyball players. *Collegium antropologicum*, 37(2), 61-68.
68. Guo, R., & Li, Y. (2000). Kinematic analysis of spiking in elite volleyball players during competition. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.

69. Häkkinen, K. (1993). Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 33(3), 223-232.
70. Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports medicine*, 44(2), 139-147.
71. Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of applied physiology*, 88(6), 2131-2137.
72. Haník, Z., & Lehnert, M. (2004). *Volejbal I (Herní dovednosti a kondice v tréninku mládeže)*. Praha: Český volejbalový svaz.
73. Haník, Z., & Vlach, J. (2008). *Volejbal 2: učební texty pro školení trenérů. Pro Český volejbalový svaz vydalo nakl. Olympia*.
74. Hank, M., Malý, T., Zahálka, F., Dragijský, M., & Bujnovský, D. (2016). Evaluation of the horizontal movement distance of elite female beach volleyball players during an official match. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3), 1087-1101.
75. Hank, M., Malý, T., Zahálka, F., Novotný, D., Gryc, T., & Hráský, P. (2019). Movement direction analysis in elite indoor volleyball match.. *Acta Kinesiologica*, 13, 22-28.
76. Hank, M., Zahalka, F., & Maly, T. (2015). Comparison of spikers distance covered in elite female volleyball. *Sport Sci*, 8(2), 102-6.
77. Häyrinen, M., & Tampouratzis, K. (2012). *Technical and tactical game analysis of elite female beach volleyball*. Jyväskylä, KIHU: Research Institute for Olympic Sports.
78. Häyrinen, M., Hoivala, T., & Blomqvist, M. (2004). Differences between winning and losing teams in men's European top-level volleyball. In *Proceedings of VI Conference Performance Analysis (Vol. 168177)*.
79. Häyrinen, M., Lehto, H., Mikkola, T., Honkanen, P., Lahtinen, P., Paananen, A., & Blomqvist, M. (2011). Time analysis of men's and youth boy's top-level volleyball. *British Journal of Sports Medicine*, 45(6), 542.
80. Hedrick, M. A. (2007). Training for high level performance in women's collegiate volleyball: Part I training requirements. *Strength and Conditioning Journal*, 29(6), 50.

81. Ho, C. S., Lin, K. C., Hung, M. H., Chang, C. Y., & Chen, K. C. (2019). System design and application for evaluation of digging agility in colle
82. Hoffman, J., Ratamess, N. A., Ross, R., Kang, J., Magrelli, J., Neese, K., ... & Wise, J. A. (2008). β -Alanine and the hormonal response to exercise. *International journal of sports medicine*, 29(12), 952-958.
83. Högström, G. M., Pietilä, T., Nordström, P., & Nordström, A. (2012). Body composition and performance: influence of sport and gender among adolescents. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(7), 1799-1804.
84. Hong, Y., & Bartlett, R. (Eds.). (2008). *Routledge handbook of biomechanics and human movement science*. Routledge.
85. Huang, C., & Hu, L. H. (2007, December). Kinematic analysis of volleyball jump topspin and float serve. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
86. Huang, C., Liu, G. C., & Sheu, T. Y. (1999). Kinematic analysis of the volleyball back row jump spike. In *Proceedings of the XVII International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 49-52).
87. Hughes, G., Watkins, J., Owen, N., & Lewis, M. (2007). Gender differences in knee kinematics during landing from volleyball block jumps. *Journal of Human Movement Studies*.
88. Hughes, M. D., & Bartlett, R. M. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. *Journal of sports sciences*, 20(10), 739-754.
89. Chaabene, H. (2017). Change of direction tasks: Does the eccentric muscle contraction really matter. *Sci Pages Sports Med*, 1(1), 1-2.
90. Charlton, P. C., Kenneally-Dabrowski, C., Sheppard, J., & Spratford, W. (2017). A simple method for quantifying jump loads in volleyball athletes. *Journal of science and medicine in sport*, 20(3), 241-245.
91. Chen, H. T., Tsai, W. J., Lee, S. Y., & Yu, J. Y. (2012). Ball tracking and 3D trajectory approximation with applications to tactics analysis from single-camera volleyball sequences. *Multimedia Tools and Applications*, 60(3), 641-667.
92. Chen, P., Huang, C., & Shih, S. (2011). Differences in 3D kinematics between genders during volleyball spike. In *Proceedings of the Congress of the International Society of Biomechanics*. Brussels: Belgium.
93. Chèze, L. (2014). *Kinematic Analysis of Human Movement*. John Wiley & Sons.

94. Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *Int. J. Sports Physiol. Perform*, 14, 270-273.
95. Janssen, I., Sheppard, J. M., Dingley, A. A., Chapman, D. W., & Spratford, W. (2012). Lower extremity kinematics and kinetics when landing from unloaded and loaded jumps. *Journal of applied biomechanics*, 28(6), 687-693.
96. Jarning, J. M., Mok, K. M., Hansen, B. H., & Bahr, R. (2015). Application of a tri-axial accelerometer to estimate jump frequency in volleyball. *Sports biomechanics*, 14(1), 95-105.
97. Jaspers, A., Kuyvenhoven, J. P., Staes, F., Frencken, W. G., Helsen, W. F., & Brink, M. S. (2018). Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. *Journal of science and medicine in sport*, 21(6), 579-585.
98. Jennings, D., Cormack, S., Coutts, A. J., Boyd, L. J., & Aughey, R. J. (2010). Variability of GPS units for measuring distance in team sport movements. *International journal of sports physiology and performance*, 5(4), 565-569.
99. Johnson, T. M., Brown, L. E., Coburn, J. W., Judelson, D. A., Khamoui, A. V., Tran, T. T., & Uribe, B. P. (2010). Effect of four different starting stances on sprint time in collegiate volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2641-2646.
100. Junior, N. K. M. (2019). Specific periodization for the volleyball: a training organization with ball and of the physical training. *RBPFEEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 13(81), 58-69.
101. Kapidžić, A., Huremović, T., Biberović, A., Mehinović, J., Selimović, A., & Smajić, M. (2014). Kinematic Analysis Forearm Passing in Volleyball at Different Distances. *Journal of Education and Practice*, 5(10), 75-84.
102. Karvan, P. (2007). Herní zatížení smečářek a blokařek ve vrcholovém volejbalu žen.
103. Kilduff, L. P., Bevan, H. R., Kingsley, M. I., Owen, N. J., Bennett, M. A., Bunce, P. J., ... & Cunningham, D. J. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1134-1138.
104. Kniubaite, A., Skarbalius, A., Clemente, F. M., & Conte, D. (2019). Quantification of external and internal match loads in elite female team handball. *Biology of sport*, 36(4), 311.

105. Laux, P., Krumm, B., Diers, M., & Flor, H. (2015). Recovery–stress balance and injury risk in professional football players: a prospective study. *Journal of sports sciences*, 33(20), 2140-2148.
106. Lee, S. M. (2010). Does Your Eye Keep on the Ball?: The Strategy of Eye Movement for Volleyball Defensive Players During Spike Serve Reception. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 22(1).
107. Lehmann, M. J., Lormes, W., Opitz-Gress, A., Steinacker, J. M., Netzer, N., Foster, C., & Gastmann, U. (1997). Training and overtraining: an overview and experimental results in endurance sports. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 37(1), 7-17
108. Lehnert, M., Lamrová, I., & Elfmark, M. (2009). Changes in speed and strength in female volleyball players during and after a plyometric training program. *Acta Gymnica*, 39(1), 59-66.
109. Lehnert, M., Stejskal, P., Háp, P., & Vavák, M. (2008). Load intensity in volleyball game like drills. *Acta Univ. Palacki. Olomuc*, 38(1), 53.
110. Li, C., Yee, L. Y., Maruyama, H., & Yamaguchi, Y. (2017). FPGA-based volleyball player tracker. *ACM SIGARCH Computer Architecture News*, 44(4), 80-86.
111. Lidor, R., & Ziv, G. (2010). Physical and physiological attributes of female volleyball players-a review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1963-1973.
112. Lobietti, R. (2009). A review of blocking in volleyball: from the notational analysis to biomechanics. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(II), 93-99.
113. Lobietti, R., Fantozzi, S., & Merni, F. (2006). Blocking the quick attack in Volleyball: a 3D kinematic analysis. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
114. Lockie, R. G., Schultz, A. B., Callaghan, S. J., Jeffriess, M. D., & Berry, S. P. (2013). Reliability and validity of a new test of change-of-direction speed for field-based sports: the change-of-direction and acceleration test (CODAT). *Journal of sports science & medicine*, 12(1), 88.
115. Lolli, L., Batterham, A. M., Hawkins, R., Kelly, D. M., Strudwick, A. J., Thorpe, R. T., ... & Atkinson, G. (2019). The acute-to-chronic workload ratio: an inaccurate scaling index for an unnecessary normalisation process?.

116. Lolli, L., Batterham, A. M., MacMillan, G., Gregson, W., & Atkinson, G. (2020). A comment on “does mathematical coupling matter to the acute to chronic workload ratio? A case study from elite sport”. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(aop), 1.
117. Majorczyk, M., & Smolag, D. (2016). Effect of physical activity on IGF-1 and IGFBP levels in the context of civilization diseases prevention. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 67(2).
118. Malá, L., Malý, T., Záhalka, F., & Bunc, V. (2010). The profile and comparison of body composition of elite female volleyball players. *Kinesiology*, 42(1), 90-97.
119. Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Bunc, V., Kaplan, A., Jebavy, R., & Tuma, M. (2015). Body composition of elite female players in five different sports games. *Journal of human kinetics*, 45(1), 207-215.
120. Malousaris, G. G., Bergeles, N. K., Barzouka, K. G., Bayios, I. A., Nassis, G. P., & Koskolou, M. D. (2008). Somatotype, size and body composition of competitive female volleyball players. *Journal of science and medicine in sport*, 11(3), 337-344.
121. Malý, T. (2009). Účinnosť využitia metódy vonkajšieho doplnkového odporu k stimulácii acyklickej rýchlosti (na príklade futbalu).
122. Maly, T., Mala, L., Bujnovsky, D., Hank, M., & Zahalka, F. (2019). Morphological and isokinetic strength differences: bilateral and ipsilateral variation by different sport activity. *Open Medicine*, 14(1), 207-216.
123. Mann, J. B., Bryant, K. R., Johnstone, B., Ivey, P. A., & Sayers, S. P. (2016). Effect of physical and academic stress on illness and injury in division 1 college football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 20-25.
124. Marcelino, R., César, B., Afonso, J., & Mesquita, I. (2009). Attack-tempo and attack-type as predictors of attack point made by opposite players in volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(3), 391.
125. Marques, M. C., Van den Tillaar, R., Gabbett, T. J., Reis, V. M., & González-Badillo, J. J. (2009). Physical fitness qualities of professional volleyball players: determination of positional differences. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1106-1111.
126. Martinovic, J., Dopsaj, V., Kotur-Stevuljević, J., Dopsaj, M., & Nesic, G. (2011). Oxidative stress status in elite female volleyball athletes with depleted iron stores. *British Journal of Sports Medicine*, 45(6), 534-535.

127. Masley, J. W., Hairabedian, A., & Donaldson, D. N. (1953). Weight training in relation to strength, speed, and co-ordination. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 24(3), 308-315.
128. Maclaren, D. (1990). Court games: volleyball and basketball. *Physiology of sports*, 427464.
129. McLaren, S. J., Macpherson, T. W., Coutts, A. J., Hurst, C., Spears, I. R., & Weston, M. (2018). The relationships between internal and external measures of training load and intensity in team sports: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(3), 641-658.
130. Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2014). Match performance and physiological capacity of female elite team handball players. *International journal of sports medicine*, 35(07), 595-607.
131. Michalsik, L. B., & Aagaard, P. (2015). Physical demands in elite team handball: comparisons between male and female players. *J Sports Med Phys Fitness*, 55(9), 878-891.
132. Mishra, M. K., Pandey, A. K., & Chaubey, D. (2015). A comparative study of VO2 max among the basketball, football, volleyball and hockey male players. *International Journal of Applied Research*, 1(11), 245-247.
133. Mroczek, D., Januszkiewicz, A., Kawczyński, A. S., Borysiuk, Z., & Chmura, J. (2014). Analysis of male volleyball players' motor activities during a top level match. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2297-2305.
134. Mroczek, D., Kawczyński, A., & Chmura, J. (2011). Changes of reaction time and blood lactate concentration of elite volleyball players during a game. *Journal of human kinetics*, 28(1), 73-78.
135. Newton, R. U., Kraemer, W. J., & Haekkinen, K. E. I. J. O. (1999). Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Medicine and science in sports and exercise*, 31, 323-330.
136. Nicolella, D. P., Torres-Ronda, L., Saylor, K. J., & Schelling, X. (2018). Validity and reliability of an accelerometer-based player tracking device. *PloS one*, 13(2).
137. Nikos, B., Karolina, B., & Elissavet, N. M. (2009). Performance of male and female setters and attackers on Olympic-level volleyball teams. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(1), 141-148.
138. Oatis, C. A. (2009). *Kinesiology: the mechanics and pathomechanics of human movement*. Lippincott Williams & Wilkins.

139. Oliveira, L. D. S., Moura, T. B. M. A., Rodacki, A. L. F., Tilp, M., & Okazaki, V. H. A. (2020). A systematic review of volleyball spike kinematics: Implications for practice and research. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 1747954119899881.
140. Oliveira, W. K., Jesus, K. D., Andrade, A. D., Nakamura, F. Y., Assumpção, C. O., & Medeiros, A. I. (2018). Monitoring training load in beach volleyball players: a case study with an Olympic team. *Motriz: Revista de Educação Física*, 24(1).
141. Palao, J. M., Manzanares, P., & Ortega, E. (2009). Techniques used and efficacy of volleyball skills in relation to gender. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(2), 281-293.
142. Palao, J. M., Valadés, D., Manzanares, P., & Ortega, E. (2014). Physical actions and work-rest time in men's beach volleyball. *Motriz: Revista de Educação Física*, 20(3), 257-261.
143. Panissa, V. L. G., Azevedo, N. R., Julio, U. F., Andreato, L. V., e Silva, C. P., Hardt, F., & Franchini, E. (2013). Maximum number of repetitions, total weight lifted and neuromuscular fatigue in individuals with different training backgrounds. *Biology of sport*, 30(2), 131.
144. Papanikolaou, K., Chatzinikolaou, A., Pontidis, T., Avloniti, A., Deli, C. K., Leontsini, D., ... & Krusturup, P. (2019). The Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 Test: Reliability of Performance Scores, Physiological Responses and Overload Characteristics in Competitive Soccer, Basketball and Volleyball Players. *Journal of Human Kinetics*, 67(1), 223-233.
145. Park, S. (2003). Anticipation and Acquiring Processes of Visual Cues on a Spiker's Attack Patterns and Directions as a Function of Expertise in Volleyball Players. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 15(2).
146. Parlebas, P. (1999). *Jeux, sports et sociétés: lexique de praxéologie motrice*. Paris: Insep.
147. Paz, G. A., de Freitas Maia, M., Santana, H. G., Miranda, H., Lima, V., & Willson, J. D. (2019). Knee frontal plane projection angle: a comparison study between drop vertical jump and step-down tests with young volleyball athletes. *Journal of sport rehabilitation*, 28(2), 153-158.
148. Pereira, A., M Costa, A., Santos, P., Figueiredo, T., & Vicente João, P. (2015). Training strategy of explosive strength in young female volleyball players. *Medicina*, 51(2), 126-131.

149. Perš, J., Bon, M., Kovačič, S., Šibila, M., & Dežman, B. (2002). Observation and analysis of large-scale human motion. *Human Movement Science*, 21(2), 295-311.
150. Perše, M., Kristan, M., Kovačič, S., Vučkovič, G., & Perš, J. (2009). A trajectory-based analysis of coordinated team activity in a basketball game. *Computer Vision and Image Understanding*, 113(5), 612-621.
151. Petroski, E. L., Del Fraro, J., Fidelix, Y. L., Silva, D. A. S., Pires-Neto, C. S., Dourado, A. C., ... & Vieira, F. S. (2013). Anthropometric, morphological and somatotype characteristics of athletes of the Brazilian Men's volleyball team: an 11-year descriptive study. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, 15(2), 184-192.
152. Podstawski, R., Boraczyński, M., Nowosielska-Swadźba, D., & Zwolińska, D. (2014). Heart rate variability during pre-competition and competition periods in volleyball players. *Biomedical Human Kinetics*, 6(1).
153. Puente, C., Abián-Vicén, J., Areces, F., López, R., & Del Coso, J. (2017). Physical and physiological demands of experienced male basketball players during a competitive game. *Journal of strength and conditioning research*, 31(4), 956-962.
154. Purkhús, E., Krstrup, P., & Mohr, M. (2016). High-intensity training improves exercise performance in elite women volleyball players during a competitive season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(11), 3066-3072.
155. Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Sàez-de-Villarreal, E., Couturier, A., Samozino, P., & Morin, J. B. (2015). Sprint mechanics in world-class athletes: a new insight into the limits of human locomotion. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(5), 583-594.
156. Rawstorn, J. C., Maddison, R., Ali, A., Foskett, A., & Gant, N. (2014). Rapid directional change degrades GPS distance measurement validity during intermittent intensity running. *PloS one*, 9(4), e93693.
157. Reeser, J. C., & Bahr, R. (Eds.). (2017). *Handbook of sports medicine and science, Volleyball*. John Wiley & Sons.
158. Reeser, J. C., Fleisig, G. S., Bolt, B., & Ruan, M. (2010). Upper limb biomechanics during the volleyball serve and spike. *Sports Health*, 2(5), 368-374.
159. Reynolds, H. J. (1930). Volleyball Tests. *The Journal of Health and Physical Education*, 1(3), 42-44.

160. Robbins, D. W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 453.
161. Robson-Ansley, P. J., Gleeson, M., & Ansley, L. (2009). Fatigue management in the preparation of Olympic athletes. *Journal of sports sciences*, 27(13), 1409-1420.
162. Rodríguez-Ruiz, D., Díez-Vega, I., Rodríguez-Matoso, D., Fernández-del-Valle, M., Sagastume, R., & Molina, J. J. (2014). Analysis of the response speed of musculature of the knee in professional male and female volleyball players. *BioMed research international*, 2014.
163. Sahin, H. M. (2014). Relationships between acceleration, agility, and jumping ability in female volleyball players. *European Journal of Experimental Biology*, 4(1), 303-308.
164. Salci, Y., Kentel, B. B., Heycan, C., Akin, S., & Korkusuz, F. (2004). Comparison of landing maneuvers between male and female college volleyball players. *Clinical biomechanics*, 19(6), 622-628.
165. Sanders, G. J., Boos, B., Shipley, F., Scheadler, C. M., & Peacock, C. A. (2018). An accelerometer-based training load analysis to assess volleyball performance. *J. Exerc. Nutr*, 1, 1-4.
166. Sánchez-Moreno, J., Marcelino, R., Mesquita, I., & Ureña, A. (2015). Analysis of the rally length as a critical incident of the game in elite male volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 620-631.
167. Sattler, T., Hadžic, V., Dervišević, E., & Markovic, G. (2015). Vertical jump performance of professional male and female volleyball players: Effects of playing position and competition level. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1486-1493.
168. Sattler, T., Sekulic, D., Hadzic, V., Uljevic, O., & Dervisevic, E. (2012). Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1532-1538.
169. Sawczuk, M., Maciejewska, A., Ciężczyk, P., & Eider, J. (2011). The role of genetic research in sport. *Science & sports*, 26(5), 251-258.
170. Selinger, A., & Salinger's, A. B. J. A. (1986). *power volleyball*. New York: St.
171. Seminati, E., Marzari, A., Vacondio, O., & Enrico, M. A. (2014). Shoulder injury prevention in volleyball: performance and kinematics analysis of alternative spike techniques. *British journal of sports medicine*, 48(7), 659-660.

172. Seminati, E., Marzari, A., Vacondio, O., & Minetti, A. E. (2015). Shoulder 3D range of motion and humerus rotation in two volleyball spike techniques: injury prevention and performance. *Sports biomechanics*, 14(2), 216-231.
173. Serrien, B., Ooijen, J., Goossens, M., & Baeyens, J. P. (2016). A motion analysis in the volleyball spike—part 1: three dimensional kinematics and performance. *Int J Hum Mov Sports Sci*, 4(4), 70-82.
174. Shan, X. (2000). Biomechanical analysis of vertical jump performance of volleyball players. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
175. Sheppard, J. M., Gabbett, T. J., & Stanganelli, L. C. R. (2009A). An analysis of playing positions in elite men's volleyball: considerations for competition demands and physiologic characteristics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1858-1866.
176. Sheppard, J. M., Chapman, D. W., Gough, C., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2009B). Twelve-month training-induced changes in elite international volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 2096-2101.
177. Sheppard, J. M., Young, W. B., Doyle, T. L. A., Sheppard, T. A., & Newton, R. U. (2006). An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of science and medicine in sport*, 9(4), 342-349.
178. Sheppard, J., Hobson, S., Barker, M., Taylor, K., Chapman, D., McGuigan, M., & Newton, R. (2008). The effect of training with accentuated eccentric load counter-movement jumps on strength and power characteristics of high-performance volleyball players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 3(3), 355-363.
179. Shondell, D. S., & Reynaud, C. (Eds.). (2002). *The volleyball coaching bible*. Human Kinetics.
180. Schläppi-Lienhard, O., & Hossner, E. J. (2015). Decision making in beach volleyball defense: Crucial factors derived from interviews with top-level experts. *Psychology of Sport and Exercise*, 16, 60-73.
181. Silva, M., Marcelino, R., Lacerda, D., & João, P. V. (2016A). Match Analysis in Volleyball: a systematic review. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 5(1), 35-46.

182. Silva, M., Sattler, T., Lacerda, D., & João, P. V. (2016B). Match analysis according to the performance of team rotations in Volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3), 1076-1086.
183. Skazalski, C., Whiteley, R., & Bahr, R. (2018). High jump demands in professional volleyball—large variability exists between players and player positions. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(11), 2293-2298.
184. 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.
185. Svilar, L., Castellano, J., & Jukić, I. (2018). Load monitoring system in top-level basketball team: Relationship between external and internal training load. *Kinesiology*, 50(1), 25-33.
186. Sweeting, A. J., Aughey, R. J., Cormack, S. J., & Morgan, S. (2017). Discovering frequently recurring movement sequences in team-sport athlete spatiotemporal data. *Journal of Sports Sciences*, 35(24), 2439-2445.
187. Šimonek, J., Horička, P., & Hianik, J. (2017). The differences in acceleration, maximal speed and agility between soccer, basketball, volleyball and handball players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(1), 73-82.
188. Tabor, P., Urbanik, C., & Mastalerz, A. (2018). Direction and velocity of the ball in volleyball spike depending on location on court. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 25(4), 3-7.
189. Táborský, F. (2005). *Sportovní hry 2: základní pravidla, organizace, historie*. Grada Publishing as.
190. Tilp, M., Wagner, H., & Müller, E. (2008). Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Sports Biomechanics*, 7(3), 386-397.
191. Trajković, N., Madić, D., Sporiš, G., Jašić, D., & Krakan, I. (2016). Skill and game-based training as an integral part of volleyball conditioning. *Acta Kinesiologica*, 10(Suppl 1), 41.
192. Tramel, W., Lockie, R. G., Lindsay, K. G., & Dawes, J. J. (2019). Associations between absolute and relative lower body strength to measures of power and change of direction speed in Division II female volleyball players. *Sports*, 7(7), 160.

193. Travlos, A. K. (2010). Specificity and variability of practice, and contextual interference in acquisition and transfer of an underhand volleyball serve. *Perceptual and motor skills*, 110(1), 298-312.
194. Trewin, J., Meylan, C., Varley, M. C., & Cronin, J. (2018). The match-to-match variation of match-running in elite female soccer. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(2), 196-201.
195. Turner, A. (2018). *Routledge Handbook of Strength and Conditioning: Sport-specific Programming for High Performance*. Routledge.
196. Valadés, D., Palao, J. M., Aúnsolo, Á., & Ureña, A. (2016). Correlation between ball speed of the spike and the strength condition of a professional women's volleyball team during the season. *Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology*, 48(1), 87-94.
197. Van Hooren, B., & Bosch, F. (2016). Influence of muscle slack on high-intensity sport performance: a review. *Strength and Conditioning Journal*, 38(5), 75-87.
198. Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B. (2017). Training load monitoring in team sports: a novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports Medicine*, 47(11), 2135-2142.
199. Vaverka, F., Jandačka, D., Zahradník, D., Uchytíl, J., Farana, R., Supej, M., & Vodičar, J. (2016). Effect of an arm swing on countermovement vertical jump performance in elite volleyball players: FINAL. *Journal of human kinetics*, 53(1), 41-50.
200. Vázquez-Guerrero, J., Suarez-Arrones, L., Gómez, D. C., & Rodas, G. (2018). Comparing external total load, acceleration and deceleration outputs in elite basketball players across positions during match play. *Kinesiology*, 50(2), 228-234.
201. Viitasalo, J. T. (1987). Endurance requirements in volleyball. *Can J Sports Sci*, 12, 194-201.
202. Vlantes, T. G., & Readdy, T. (2017). Using Microsensor Technology to Quantify Match Demands in Collegiate Women's Volleyball. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(12), 3266-3278.
203. Vučković, G., & Dežman, B. (2001). Results of tracking a referee's movements during a basketball match with computer sight. *Sport kinetics*, 274-277.
204. Vučković, G., & James, N. (2010). The distance covered by winning and losing players in elite squash matches. *Kinesiologia Slovenica*, 16.

205. Wagner, H., Pfusterschmied, J., Tilp, M., Landlinger, J., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2014). Upper-body kinematics in team-handball throw, tennis serve, and volleyball spike. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(2), 345-354.
206. Wagner, H., Tilp, M., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2009). Kinematic analysis of volleyball spike jump. *International journal of sports medicine*, 30(10), 760-765.
207. Waite, P. (2009). Aggressive volleyball. *Human Kinetics*.
208. Wang, H. K., & Cochrane, T. (2001). Mobility impairment, muscle imbalance, muscle weakness, scapular asymmetry and shoulder injury in elite volleyball athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 41(3), 403-410.
209. Weaving, D., Marshall, P., Earle, K., Nevill, A., & Abt, G. (2014). Combining internal- and external-training-load measures in professional rugby league. *International journal of sports physiology and performance*, 9(6), 905-912.
210. Wei-Ping, M. A. (2009). Volleyball Competition's Time Characteristics and Analysis of Its Energy Metabolism. *Journal of Gansu Lianhe University (Natural Science Edition)*, 1, 028.
211. Welch, B. L. (1938). The significance of the difference between two means when the population variances are unequal. *Biometrika*, 29(3/4), 350-362.
212. Weston, M. (2013). Difficulties in determining the dose-response nature of competitive soccer matches. *Journal of Athletic Enhancement*, 2(1).
213. Weyand, P. G., Sandell, R. F., Prime, D. N., & Bundle, M. W. (2010). The biological limits to running speed are imposed from the ground up. *Journal of applied physiology*, 108(4), 950-961.
214. Wisbey, B., Montgomery, P. G., Pyne, D. B., & Rattray, B. (2010). Quantifying movement demands of AFL football using GPS tracking. *Journal of science and Medicine in Sport*, 13(5), 531-536.
215. Wnorowski, K., Aschenbrenner, P., Skrobecki, J., & Stech, M. (2013). An assessment of a volleyball player's loads in a match on the basis of the number and height of jumps measured in real-time conditions. *Balt J Heal Phys Act*, 5(3), 199-206.
216. Yeung, E. W., & Yeung, S. S. (2001). A systematic review of interventions to prevent lower limb soft tissue running injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 35(6), 383-389.

217. Young, W. B., Dawson, B., & Henry, G. J. (2015). Agility and change-of-direction speed are independent skills: Implications for training for agility in invasion sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(1), 159-169.
218. Young, W. B., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction?. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 42(3), 282-288.
219. Zahálka, F., Malý, T., Malá, L., Ejem, M., & Zawartka, M. (2017). Kinematic analysis of volleyball attack in the net center with various types of take-off. *Journal of human kinetics*, 58(1), 261-271.
220. Zahradnik, D., Uchytíl, J., Farana, R., & Jandacka, D. (2014). Ground reaction force and valgus knee loading during landing after a block in female volleyball players. *Journal of human kinetics*, 40(1), 67-75.
221. Zary, J. C., Reis, V. M., Rouboa, A., Silva, A. J., & Fernandes, P. R. (2010). The somatotype and dermatoglyphic profiles of adult, junior and juvenile male Brazilian top-level volleyball players. *Science & Sports*, 25(3), 146-152.
222. Zatsiorsky, V. M., Kraemer, W. J., & Fry, A. C. (2020). *Science and practice of strength training*. Human Kinetics.
223. Zhang, y., & Sun, h. T. (2007). Kinematic Analysis of Jump Serve in Liaoning Men Volleyball Team [J]. *Journal of Shenyang Normal University (Natural Science Edition)*, 4.

SEZNAM OBRÁZKŮ

1. Obrázek 1: Individuální zóny pro postavení hráčů ve volejbalovém hřišti.
Str. 18
2. Obrázek 2: 3 D kinematická analýza pohybu pasivním systémem pomocí infračerveného odrazu světla od bodů na těle šermíře (Chèze, 2014).
Str. 20
3. Obrázek 3: 3D vizualizace analýzy chůze systémem VICON, Nexus 2.5 (Vicon, Oxford, Velká Británie).
Str. 20
4. Obrázek 4: Náhled na 3D kinematické analýzy kalibrovaného videozáznamu ze dvou pohledů v softwaru Tema Biomechanics 2.3 v disertační práci Maly (2009).
Str. 21
5. Obrázek 5: Nový rámec pro sledování zatížení hráče podle Vanrenterghem et al., (2017), který ukazuje cyklickou povahu...
Str. 26
6. Obrázek 6: Teoretický příklad toho, jak různé časové bloky mezi fyziologickou (Fyziol) a biomechanickou (Biomech) adaptací mohou...
Str. 27
7. Obrázek 7: Křivka progresivního tréninkového zatížení podle Bompá & Buzzichelli (2015).
Str. 28
8. Obrázek 8: Vizualizace poměru (ratio) akutního (A) a chronického (C) zatížení vzhledem k incidenci zranění dle Gazzano & Gabbett (2017).
Str. 28
9. Obrázek 9: Distance běhu hráče ve vysoké rychlosti v průběhu sezóny (Burgess, 2017).
Str. 29

10. Obrázek 10: Interní vs. externí zatížení reprezentované průměrnou srdeční frekvencí a distancí ve vysoké rychlosti...
Str. 30
11. Obrázek 11: Nastavení pozic kamer vůči hřišti.
Str. 38
12. Obrázek 12: Vizualizace postavení kalibračních krychlí a označených kalibračních bodů.
Str. 39
13. Obrázek 13: Kartézská soustava souřadnic. Osy X, Y a Z se protínají v jednom bodě se souřadnicí (0, 0, 0).
Str. 39
14. Obrázek 14: Simplifikace pohybu těla. Jednotný bod pro reprezentaci pohybu těla po hřišti a deskripci trajektorie byl zvolen střed hlavy hráčky.
Str. 40
15. Obrázek 15: Příklad standardizace momentu pro začátek roze hry a ukončení roze hry.
Str. 41
16. Obrázek 16: Digitální reprezentace pohybu hráček v roze hře v reálném a v rekonstruovaném prostoru softwaru Tema Biomechanics 2.3.
Str. 41
17. Obrázek 17: Vzorec pro výpočet rychlosti.
Str. 41
18. Obrázek 18: Vzorec pro výpočet zrychlení.
Str. 41
19. Obrázek 19: Kategorizace směrů pohybu v závislosti na volejbalovou síť mezi družstvy.
Str. 42

20. Obrázek 20: Vzorec pro kalkulaci herního externího zatížení (Nicoletta et al., 2018).
Str. 42
21. Obrázek 21: Frekvence časového trvání $n = 167$ rozeher.
Str. 45
22. Obrázek 22: Krabicový graf průměrného času rozeher dosáhl hodnotu $7,76 \pm 5,1$ s (konfidenční hodnota 95 %).
Str. 45
23. Obrázek 23: Průměrná hodnota celkových distancí pohybu všech herních postů (konfidenční hodnota 95 %).
Str. 47
24. Obrázek 24: Frekvence celkových distancí pohybu ($n = 997$).
Str. 47
25. Obrázek 25: Krabicový graf hodnot všech distancí pohybu v horizontální rovině dosáhla hodnotu $8,8 \pm 6,4$ m (konfidenční hodnota 95 %).
Str. 47
26. Obrázek 26: Ne-lineární vzor rozložení dat distance pohybu.
Str. 48
27. Obrázek 27: Krabicový graf hodnot celkových distancí pohybu všech herních postů (konfidenční hodnota 95 %).
Str. 49
28. Obrázek 28: Frekvence (%) směrů pohybu (od 0,7 m a více) pro jednotlivé herní posty.
Str. 50
29. Obrázek 29: Grafická vizualizace pohybu hráček v různých rozehrách volejbalového utkání ve všech třech rovinách X, Y, Z.
Str. 53

30. Obrázek 30: Vyhlcení trajektorie hráčky pomocí softwaru Matlab (© 1994-2015 The MathWorks, Inc.); trajektorie pohybu hráčky má začátek v červeném bodě, modré body znázorňují sekundové značky.

Str. 53

31. Obrázek 31: Příklad – Diagram pohybu postu Nahrávač v horizontální rovině X, Z v metrech znázorněný softwarem Tema Biomechanics 2.3.

Str. 60

32. Obrázek 32: Ne-lineární vzor rozložení dat distance pohybu.

Str. 60

33. Obrázek 33 Krabicový graf hodnot herního zatížení jednotlivých postů (konfidenční hodnota 95 %).

Str. 61

34. Obrázek 34: Průměrná hodnota intenzit herního zatížení (konfidenční hodnota 95 %).

Str. 62

35. Obrázek 35: Frekvence celkového herního zatížení spolu s kvantily (n = 997).

Str. 62

36. Obrázek 36: Krabicový graf hodnot intenzit herního zatížení (konfidenční hodnota 95 %).

Str. 63

37. Obrázek 37: Graf párových korelací mezi jednotlivými intenzitami herního zatížení.

Str. 63

38. Obrázek 38: Histogram intenzit herního zatížení (n = 997).

Str. 64

39. Obrázek 39: Frekvence intenzit herního zatížení (n = 997).

Str. 64

40. Obrázek 40: Krabicový graf hodnot herního zatížení jednotlivých postů v horizontální rovině X, Z (konfidenční hodnota 95 %).

Str. 65

41. Obrázek 41: Krabicový graf hodnot herního zatížení jednotlivých postů ve vertikální rovině Y (konfidenční hodnota 95 %).

Str. 66

42. Obrázek 42: Krabicový graf hodnot explozivního herního zatížení jednotlivých postů ve vertikální rovině Y (konfidenční hodnota 95 %).

Str. 67

43. Obrázek 43: Krabicový graf hodnot celkového herního zatížení ve vyhraných a prohraných rozehrách analyzovaného utkání (konfidenční hodnota 95 %).

Str. 68

44. Obrázek 44: Průměrné hodnoty celkového herního zatížení ve vyhraných a prohraných rozehrách analyzovaného utkání (konfidenční hodnota 95 %).

Str. 68

45. Obrázek 45: Dráha pohybujícího se hráče pomocí rastrování studií Mroczek et al. (2014). Plynulá čára je kreslený pohyb hráče; přerušovaná čára je měřená vzdálenost.

Str. 71

SEZNAM TABULEK

1. Tabulka 1: Funkce hráčů ve volejbale v závislosti na jejich herní specializaci (postu) spolu s doporučenou průměrnou výškou a váhou podle Palao et al. (2012).
Str. 18
2. Tabulka 2: Hodnoty vypočtených residuí pro 12 kalibračních bodů kamery 1 a 2 vzhledem k reálně zobrazenému prostoru.
Str. 40
3. Tabulka 3: Celkový počet rozeher analyzovaného utkání.
Str. 44
4. Tabulka 4: Deskriptivní statistika času rozeher analyzovaného utkání v sekundách.
Str. 44
5. Tabulka 5: Čas rozeher v kvantilech.
Str. 45
6. Tabulka 6: Deskriptivní statistika distance rozeher analyzovaného utkání v metrech.
Str. 46
7. Tabulka 7: Distance (m) rozeher celého družstva v kvantilech.
Str. 46
8. Tabulka 8: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot distancí pohybu mezi posty ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).
Str. 48
9. Tabulka 9: Distance (m) a frekvence (%) směrů pohybu (od 0,7 m a více) pro jednotlivé herní specializace v horizontální rovině.
Str. 50

10. Tabulka 10: Distance (m) a frekvence (%) směrů pohybu (od 0 m a více) pro jednotlivé herní specializace v horizontální rovině.
Str. 51
11. Tabulka 11: Distance (m) a frekvence (%) směrů pohybu (od 0 m do 0,7 m) pro jednotlivé herní specializace v horizontální rovině.
Str. 52
12. Tabulka 12: Deskriptivní sumarizace frekvence (%) směrů pohybu pro jednotlivé herní posty v horizontální rovině mezi analyzovanými rozsahy.
Str. 52
13. Tabulka 13: Kvantily rychlosti pohybu q_{50} a q_{100} všech postů a směrů pohybu.
Str. 54
14. Tabulka 14: Kvantily zrychlení pohybu q_{50} a q_{100} všech postů a směrů pohybu.
Str. 55
15. Tabulka 15: Kvantily rychlosti a zrychlení postu Smečar v analyzovaném utkání.
Str. 55
16. Tabulka 16: Kvantily rychlosti a zrychlení postu Blokař v analyzovaném utkání.
Str. 56
17. Tabulka 17: Kvantily rychlosti a zrychlení postu Nahrávač v analyzovaném utkání.
Str. 57
18. Tabulka 18: Kvantily rychlosti a zrychlení postu Univerzál v analyzovaném utkání.
Str. 57
19. Tabulka 19: Kvantily rychlosti a zrychlení postu Libero v analyzovaném utkání.
Str. 58
20. Tabulka 20: Herní zatížení rozeher v kvantilech.
Str. 59

21. Tabulka 21: Deskriptivní statistika celkového herního zatížení HZFull jednotlivých postů v rozehrách analyzovaného utkání.
Str. 59
22. Tabulka 22: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot celkového herního zatížení ve všech rovinách mezi posty ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).
Str. 61
23. Tabulka 23: Deskriptivní statistika herního zatížení jednotlivých intenzit v rozehrách analyzovaného utkání.
Str. 62
24. Tabulka 24: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot intenzit HZ ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).
Str. 63
25. Tabulka 25: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot celkového HZ v horizontální rovině mezi posty ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).
Str. 65
26. Tabulka 26: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot celkového HZ ve vertikální rovině mezi posty ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).
Str. 66
27. Tabulka 27: Dunn (1964) Kruskal-Wallis vícenásobná komparace p hodnot explozivního HZ ve vertikální rovině mezi posty ve volejbalovém utkání (korekce metodou Bonferroni).
Str. 67
28. Tabulka 28: Deskriptivní statistika celkového herního zatížení ve vyhraných a prohraných rozehrách analyzovaného utkání.
Str. 68