

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza pohybu hráčů ve volejbalovém utkání

Vedoucí práce

Doc. Ing. František Zahálka, Ph.D.

Konzultant práce

PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.

Zpracoval

Bc. Mikuláš Hank

Praha 2015

Abstrakt

Primárním úkolem této diplomové práce bylo evaluovat, kvantifikovat a objektivizovat distanci pohybu elitních volejbalových hráček z hlediska jednotlivých herních specializací v horizontální rovině pohybu. Cíle práce byly objektivizovat pohyb jednotlivých hráčských pozic v elitním volejbalovém utkání, kvantifikovat a determinovat pohyb hráčů vzhledem k objemu distančních vzdáleností pohybu v elitním utkání a komparovat externí zatížení hráčů v utkání z hlediska absolvované distance pohybu v horizontální rovině. Sekundárně byly tyto hodnoty vzájemně komparovány. Pro evaluaci byla využita 3D kinematická analýza pohybu. Analyzovanou homogenní skupinu tvořili vrcholové hráčky volejbalu na úrovni Ligy Mistrů ($n=14$; věk= 25 ± 6 roku; výška= $182,3\pm 6,2$ cm; hmotnost= $72,1\pm 5,8$ kg). Zpracovány byly čtyři sety, celkem 167 rozeher. Průměrná distance pohybu jedné hráčky po dobu 167 rozeher byla 1259,89 m, v přepočtu na jednu rozehru tato hodnota činila 8,8 m. Pohyby hráček byly rozděleny podle celkem čtyř směru vzhledem k síti vpřed, vzad, vlevo a vpravo. Výsledky ukázaly vysoký stupeň homogenity v externím zatížení hráček a přinesly objektivní hodnoty pro komparaci mezi jednotlivými hráčskými specializacemi.

Klíčová slova: volejbal, pohyb, 3D kinematická analýza, externí zatížení

Summary

The primary task of this thesis was to evaluate, quantify and objectify distances of movement of elite volleyball players in terms of individual game specializations in the horizontal plane of motion. Secondly, these values were mutually compared. For evaluation was used 3D kinematic motion analysis. Analyzed homogeneous group consisted of senior volleyball players at the Champions League level ($n = 14$; age = 25 ± 6 years; height = 182.3 ± 6.2 cm; weight = 72.1 ± 5.8 kg). Processing were four sets, a total of 167 rallies. The average distance one player absolved for 167 rally was 1259.89 meters in whole game, per rally, this value was 8.8 m. The movement of players was divided by a total of four directions relative to the volleyball net forward, backward, left and right. The results showed a high degree of homogeneity in the external load players and brought objective values for comparison between the players' specializations.

Keywords: volleyball, motion, 3D kinematic analysis, external load

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl veškeré literární prameny, které byly během této práce použity. Zároveň souhlasím se zveřejnění této práce jak v tištěné, tak v elektronické podobě.

V Praze, dne

.....

podpis studenta

Poděkování

Srdečně děkuji doc. Ing. Františkovi Zahálkovi, Ph.D., který plnil roli vedoucího diplomové práce a za přínosnou odbornou a metodickou pomoc nejen v době zpracování této studie, ale také během celého studia. Chtěl bych poděkovat také PaedDr. Tomášovi Malému, Ph.D. za poskytnutí cenných odborných a personálních rad. Srdeční poděkování patří také Mgr. Davidu Novotnému, který se se mnou podílel na programování a vyhodnocení analýzy.

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům. Prosim, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení: Číslo obč. průkazu: Datum vypůjčení: Poznámka:

Obsah

1. Úvod	8
2. Teoretická východiska	11
2.1 Charakteristika pohybu ve volejbale	11
2.2 Stav současného poznání	15
2.3 Charakteristika herních specializací ve volejbale.....	20
2.3.1 Hráčská specializace nahrávač	21
2.3.2 Hráčská specializace libero	21
2.3.3 Hráčská specializace smečář	21
2.3.4 Hráčská specializace blokař.....	22
2.3.5 Hráčská specializace univerzál	22
3. Cíle, hypotézy, úkoly práce	23
3.1 Cíle práce	23
3.2 Hypotézy práce	23
3.3 Úkoly práce	23
4. Metodika výzkumu	24
4.1 Charakteristika výzkumného souboru	24
4.2 Organizace výzkumu	24
4.3 Metody získávání a zpracování výzkumných údajů.....	25
5. Výsledky	29
6. Diskuze	46
7. Závěr	52
8. Reference	54

1. Úvod

Okolí a jeho zákonitosti determinuje systém (chování organismu) a působí na ně prostřednictvím vstupních signálů. Jako reakce organismu je responze výstupními signály, systém zde působí na okolí a taky na samotný organismus (Bunc, 1990). Pro živé systémy je pohyb jedna z nejdůležitějších složek k přežití. Slouží k zachování funkčnosti pohybového aparátu, oběhového systému, transportu za domovem, za potravou, nebo jednoduše pro zábavu. Pohyb živých systémů byl od počátku fascinující a s prvotní možností jeho záznamu, se nám uchovaly vzácné historické klenoty a to hlavně ve Francii a Rusku. Malby doprovázené sledováním lidí v různých situacích běžného nebo dokonce i sportovního života sahá tisíce let do minulosti a tak nám s velkým štěstím přináší možnosti přiblížit si způsob života v tak dávných obdobích. S rozvojem dovedností a následně technologií umožňujících stále přesnější způsob, jak uchovat záznam pohybu, byly lidi motivovány pro progres v analyzování pohybových dovedností jak z kvalitativního tak z kvantitativního hlediska. Janura & Zahálka (2004) popisují začáteční pokusy o zhotovení kamerových zařízení. E. Muybridge konstruoval takzvaný zoopraxiskop, který zaznamenal obrazy a následně jich za sebou v rychlosti fázoval. Výsledkem bylo znázornění skoro plynulého průběhu pohybu. Rozvoj technologií v dnešní době přináší širokou škálu nejen záznamu pohybu, ale taky jeho vizualizace, jelikož se organismus pod působením dříve zmíněných vnějších a vnitřních vlivů mění (Bunc, 1990). Kinematická analýza pohybu stala pojmem, který objasňuje kvalitativní a kvantitativní data o pohybu lidského těla jako celku a jeho částí. Zejména se tento trend rozšířil do mnoha sportovních odvětví. (Janura, Zahálka, 2004). Externí zatížení je definováno jako podíl síly nebo celkové nároky, kterými je osoba (struktura, systém) nucena odolávat externě působícím silám. Gravitace je nejčastější externí silou která působí na pohyb organismů. Reakcí struktury na externí síly, je produkce interních sil (celkové nároky také definovány jako interní zatížení). Interní síly můžou měnit tvar a velikost struktury (deformace) nebo funkci systému, jako reakce organismu ve smyslu produkce specifických hormonů, práce svalstva apod. (Edquest, 2009).

Pro záznam, deskripci a evaluaci vnějších determinantů chování je možné využít video-analýzu, která byla primární metodou této diplomové práce. Evaluaci

technické stránky pohybu (kvalitativní složku) je možné docílit pochopení dějů systému organismu a specificky tyto poznatky aplikovat lokálně na daného jedince nebo v objektivním případě globálně na širokou škálu sportovců. Technická složka a její kvantitativní objem se přímo podílí na vykonané fyzické práci během specifického pohybu a jeho energetické náročnosti. Tyto nároky jsou pro každý systém individuální, to ale neznamená, že evaluace kvantitativních výsledků nenachází transfer do globální reflexe (Disman, 2011), jelikož vymezením množství mimo principu se analýza stává kvantitativní. Jednou z metod evaluace zatížení organismu v době výkonu je monitoring srdeční frekvence, objem laktátu v krevním řečišti nebo plicní ventilace. Odlišnost a výhoda video-analýzy je její proveditelnost v terénu, ve kterém je responze systému organismu co možná nejvíc specifické a neinvazivní. Lze tak dosáhnout vysokou objektivitu výsledků.

Lokalizace objektu pomocí videozáznamu je v dnešní době rychle se rozvíjející trend, který nemá využití jenom v informačních technologiích ale také v moderním sportu a to hlavně v posledních 10 letech. Využití systému na detekci trajektorie letu míče nebo pohybů hráčů na hřišti je pro mnoho sportovních oddílů finančně nedosažitelné, o to víc v regionálních soutěžích. Vizualizace technologie dovolují detekovat buď zcela automaticky, semi-automaticky nebo zcela manuálně trajektorie, rychlosti a jejich distance v 2D nebo 3D prostoru. V každém z těchto systémů hraje velkou roli reliabilita evaluace pohybu, časová a finanční náročnost. Z vědecky teoretického hlediska, většina autorů, který se problémem 2D a 3D vizualizace zabývají, zastávají názor vysoce pozitivního přínosu objektivních dat, které nacházejí široké uplatnění v specifickém sportovním tréninku, organizátorů sportovních událostí, televizního přenosu, rozhodčí a samozřejmě atraktivnost pro diváky. (Vučkovič & Dežman, 2001; Perš et al., 2002; Perše et al., 2008; Jug et al., 2003; Erčulj et al., 2008; Dearden, Demiris & Grau, 2006; Carling et al., 2008; Bloomfield, Polman & O'Donoghue, 2007; Figueroa, Leite & Barros, 2006 a další). V uplynulých letech se možnosti vizualizace sportovních činností posouvají napřed, zejména dostupností videorekordérů s vysokým rozlišením obrazu za dostupné ceny, rozrůstající se paletou softwarů pro zpracování videozáznamů a také s konkurenční potřebou automatizované video analýzy. Tradiční video analýzy sportovních utkání potřebovali více lidské korekce než je tomu v této době, kdy se rozvíjí plně automatizované algoritmy pro záznam a evaluaci pohybu hráčů. Systém, který byl používán v této diplomové práci je

semi-automatický, zpětná kontrola sledování objektu byla doprovázena manuálně a případné chyby byly opraveny, tím se dosáhla vysoká reliabilita výsledků.

Diplomová práce se zabývá detekci a evaluaci trajektorie pohybu elitních volejbalových hráček v utkání nejvyšší světové úrovně. Diplomová práce navazuje na předcházející bakalářskou práci, která měla za cíl evaluaci a komparaci výsledků jednoho z pěti volejbalových postů, konkrétně hráčku na postu libera. Kinematická analýza byla v této diplomové práci následně rozšířena o další posty volejbalových hráčů a detailnější deskripci objemu jejich distancí pohybu v čase. Praktická stránka nám přináší otázky o absolutní distanci pohybu hráček za utkání, v jedné rozehře nebo setu. Taky rychlost těchto pohybů a v neposlední řadě jejich směry. Vysoká reliabilita této studie přináší objektivní výsledky a možnost tak efektivního transferu do tréninkového procesu. Týmová hra, kterou je volejbal, se odehrává na poměrně malém prostoru (9 m x 9 m = jedna polovina hřiště rozdělená sítí ve výšce 224 cm pro ženské kategorie) vzhledem k velkému počtu hráčů (6 na každé polovině hřiště) a jejich tělesných rozměrech ve světové úrovni. Průměrná výška hráček vítězů elitních soutěží byla podle Giatsis et al. (2011) $178,8 \pm 6,1$ cm (min 165 cm, max 191 cm). Dynamické situace na malém prostoru ve volejbalovém utkání si proto vyžadují hráče a hráčky s vysokým stupněm rozvoje koordinačních schopností a často specificky automatizovaných přesných pohybů. Elitní úroveň vyžaduje velmi precizní znalost techniky a schopnost ji zapojit do neustále se měnících podmínek utkání. Tyto zautomatizované pohyby mají rychlou odpověď na podnět z externího prostředí, jako procesy které jsou kontrolované. Proto dlouhodobý specificky vedený trénink vede k fixaci pohybových vzorců a umožňuje hráčům a hráčkám rychlou a precizní responzi (Haník et al., 2008).

2. Teoretická východiska

2.1 Charakteristika pohybu ve volejbale

Specifické plánování tréninkového procesu stojí na základech vstupních měření a poznatků o zatížení, které nastává v reálných podmínkách utkání. Evaluace objemu zatížení je mnohdy problémem. Podle Ejema (2008) je sportovní zatížení definováno jako souhrn všech pohybových úkonů a psychických procesů prováděných v utkání. Nároky kladený na organismus se zpětně musí přenést do procesu tréninku pro co nejvíce efektivní transfer fyziologické adaptace, techniky, taktiky a psychologický složky. Lehnert et al. (2009) zastává názor, že v moderním elitním volejbale se klade velký důraz na diferenciaci tréninkové jednotky podle individualizace jednotlivých herních postů. Se zrychlováním herních dovedností narůstá stupeň náročnosti pohybu a reakce, technických dovedností a fyziologických schopností jedince. Volejbalová hra si vyžaduje velmi dynamické změny směru na poměrně malém prostoru. Sice na malém prostoru ale ve vysoké pohybové intenzitě (80 % tepů/minuta max) se volejbalová hra stává intermitentním zatížením a hráči v této zátěži setrvávají až 20 % herního času (Lehnert et al., 2009). Pro zvládnutí udržení výkonnosti po celou dobu utkání poznamenává Haník (2008), že je důležité, aby byly hráči nejen podrobeny dlouhodobému tréninku automatizace, ale také psychické uvolněnosti. Pro úspěšné zvládnutí technické složky většiny činností se autory shodují, že je potřebný velký a dlouhodobý tréninkový objem (Sturm, McGown, Emeritus, 2012; Ericsson, 1993)

Volejbalové utkání je komplexní sportovní činností dynamického charakteru, ve kterém převažují vztahy a kombinace mezi rychlostními a silovými pohybovými biomotorickými schopnosti nad vytrvalostními. Bompa (1999) klasifikuje závislosti mezi biomotorickými schopnostmi a připomíná, že síla, rychlost a vytrvalost jako komplex, jsou velmi důležité schopnosti pro úspěšný výkon ve sportu. Přitom upozorňuje, že podle specifik konkrétního sportu se stává jedna schopnost, která ve sportu vyžaduje vyšší kontribuci dominantní schopností. Ostatní schopnosti se podílejí v menším poměru. Většina sportovních odvětví si vyžaduje až dvě dominantní schopnosti. Vztahy a kombinace mezi těmito schopnostmi vytvářejí více specifické a fyzické kvality sportovce. Pro volejbalové hráče a hráčky je důležitý velký soubor

schopností. Kombinace mezi silou a vytrvalostí vytváří svalovou (silovou) vytrvalost, která umožňuje provádět velký počet opakování proti danému odporu po delší dobu. Ve volejbalovém utkání se vyžaduje od hráčů setrvání ve vysoké výkonnosti po dobu celého utkání (1,5 hodiny a více). Další složkou je síla, v anglické literatuře pojmenována jako „power“ a často překládána v českém jazyce jako explozivní síla, nebo výbušná síla. Jde o integraci maximální produkované síly a rychlosti, přičemž je úkolem podle aktuálních možností vyvinout za co nejkratší dobu explozivní pohyb o největší možné síle. Tyto pohyby jsou maximálně charakteristické pro volejbalové hráče a hráčky v utkání a tréninku, proto je explozivní síla dominantní schopností ve volejbale. Tato diplomová práce se zabývá analýzou a komparací distancí pohybu volejbalových hráčů na hřišti, kde hraje ve výkonnosti důležitou roly taky agilita. Agilita je podle Bompý (1999) produktem komplexní kombinace mezi rychlostí, koordinací, flexibilitou a explozivní síly. Ve volejbale je využita na rychlé a správně načasované pokrytí hrací plochy. Jelikož specifický rozvoj biomotorických schopností a jejich integrací musí být metodicky správně navržen, jelikož rozvoj jedné schopnosti ovlivňuje také ostatní schopnosti. Cílem tréninkového procesu je rozvoj specifických potřeb daného sportu. Objektivizace dat distancí pohybu volejbalových hráčů po dobu utkání má vysoký přínos pro plánování tréninkového adaptačního procesu, jeho intenzity a objemu. Při určování efektivity lidského pohybu je důležité zohledňovat dva základní složky vykonané práce jako Winter (1979) ve své studii a to interní a externí složku. Z aspektu interní práce se definoval výkon organismu (J/kg.m) obtížně zejména u aktivit jakými jsou chůze, běh a výskok. Brala se v úvahu jen externí práce cvičence vykonaná na externí zátěž. Dříve zmíněno, rozdílnost mezi laboratorními a terénními podmínkami hraje právě kritický rozdíl mezi specifickými externími zatíženími na organismus v utkání, jelikož se hráči v terénu setkávají s nepředvídatelnými vlivy z prostředí (McInnes, 1995) Na tyto vlivy z externího prostředí jsou nuceni rychle odpovídat interní prací. Výsledek studií ukazuje, že pro determinaci celkového objemu práce je potřeba evaluovat interní (veškerou změnu energií mezi různými částmi těla) a externí složku práce (čas, dráha, obtížnost terénu, váha zátěže apod.) (Winter, 1979). Wei-ping (2009) se věnoval analýze energetice metabolismu volejbalových hráčů v utkání. Poznamenal, že volejbal je charakterizován velkou technickou náročností a jde o druh intermitentního typu střední až krátké vysoké zátěže. V dlouhých rozehrách byla zaznamenána participace kyseliny mléčné, která se podílela na anaerobním

hrazení energie. Ta je znakem, že organismus pracoval ve vysoké intenzitě po dobu delší než 10 vteřin, kde stačí na hrazení energie oxidativní fosforylace.

Pojmy srdeční frekvence a hladina laktátu v krevním řečišti hrají část hlavní kritérium při volbě metody pro hodnocení objemu a charakteristiku tělesného zatížení. Na evaluaci fyziologického zatížení hráčů basketbalu v utkání pomocí video-analýzy se věnovala studie McInnes (1995). V studii byly komparovány taky hodnoty srdeční frekvence a zastoupení laktátu v krevním řečišti krvi. Výsledkem bylo zjištění, že hráči se průměrně každých 21 sekund dostali do pohybu vysoké intenzity. 60 % hracího času hráči strávili pohybem nízké intenzity a 15 % aktivitou vysoké intenzity. Průměrné hodnoty srdeční frekvence v utkání byli 169 ± 9 tepů za minutu ($89 \pm 2\%$ hraniční tepový frekvence zaznamenané v laboratorních testech). Koncentrace laktátu v krevním řečišti byla 6.8 ± 2.8 mmol/l. Závěry studie potvrdily, že na kardiovaskulární a metabolickou kapacitu hráčů basketbalu v utkání, jsou kladeny vysoké nároky. Studie tak doporučuje rozvoj těchto fyziologických specifík věnovat více zaměřený tréninkový proces (McInnes, 1995). Kvantifikací interního a externího zatížení a reakce organismu na tělesné zatížení z kvantitativní a kvalitativní stránky pohybu se ve své publikaci věnuje také profesor Bunc. Zaměřuje se hlavně na hodnocení fyziologické zátěže z aspektu plicní ventilace a spotřeby kyslíku při laboratorních zátěžových testech, tepovou frekvenci a objemem krevního laktátu v krevním řečišti. Spolu s tetrapolární impedancí pro evaluaci tělesného složení tyto údaje určuje jak základní stavové veličiny pro hodnocení trénovanosti a úrovně zatížení (Bunc, 1990). Spolu se studií McInnes (1995) a Bunc (1990) lze konstatovat, že tepová frekvence je jedním ze základních a spolehlivých ukazatelů úrovně tělesného (interního) zatížení jedince. Podle publikace Bunc (1990) je tepová frekvence jedním s nejnáze měřitelných a objektivních stavových veličin. Korelace tepové frekvence se spotřebou kyslíku a stresem je velmi těsná. Poskytuje relativně objektivní informace o vlivu interních podmínek na organismus (Bunc, 1990). Tato studie neobsahuje údaje o tepové frekvenci, jelikož se jednalo o pozorování a záznam oficiálního utkání světové úrovně, žádná pozorovací metoda, která by ovlivňovala hráčky, nebyla povolena. Primárním cílem této studie je objektivizovat distanci pohybu volejbalových hráčů v utkání. Dále individuálně a inter individuálně komparovat a kvantifikovat úroveň externího zatížení. Pro determinaci trajektorie

pohybu a její evaluace byla použita 3D kinematická analýza pohybu a statistická analýza. Pro kvantifikaci a determinaci tělesného externího zatížení byla k dispozici celková distance pohybu v horizontální (X/Z) a vertikální (X/Y) rovině a taky směry a změny rychlostí těchto pohybů. Tato diplomová práce obsahuje údaje o pohybech v horizontální rovině X/Z.

2.2 Stav současného poznání

Koncem sedmdesátých let, se dvojice Conley a Krahenbuhl (1979) věnovala ve své studii determinaci vztahu mezi běžeckou ekonomikou a vzdáleností běhu u elitních běžců na velké vzdálenosti. Pozorování se věnovalo velkým distancím o velikosti 10 km a přes malou inter-individuální rozdílnost v schopnostech a hodnotách Vo_{2max} uvnitř sledované skupiny se v běžecké ekonomice projevily signifikantní variace inter-individuálních rozdílů. Individuální kvalitativní aspekt výkonu je vždy přítomen a objektivní kvantitativní výzkum tvoří protipól při evaluaci dat (Disman, 2011). Tato diplomová práce se věnuje evaluaci externího zatížení v rámci distancí od 1 m do 35 m. Hodnota objektivních dat o vztazích mezi distancí, energetickou náročností a inter-individuální rozdíly v těchto výkonech jsou vzácným přínosem pro plánování a vyhodnocení tréninkového procesu. Externímu zatížení ve volejbale se věnovala například skupina autorů Bisseling et al. (2007) a to z pohledu zdravotně-preventivního. Konkrétně vztahům mezi způsobem a výškou dopadu při volejbalovém výskoku a patelární tendinopatií. Studie potvrdila odlišnost v provedení dopadu u volejbalových hráčů, který měli minulou zkušenost s patelární tendinopatií a hráčů který jí aktuálně trpěli. Analýza rychlostí, distancí a změny směru pohybu v horizontální a vertikální rovině ve volejbalovém utkání může mít také zdravotně preventivní charakter, jelikož je evaluace výsledků individuální a velmi přesná. Rychlé změny směru pohybu jsou fyziologicky náročné děje, na které tréninkový proces jedince připravuje. Čím víc je proces utkání a výkonu v něm evaluován, tím narůstá úroveň objektivního pochopení specifických nároků na organismus. Okrajově, 3D kinematická analýza může sloužit z psychologické stránky jako mentální podpora sebedůvěry hráčů v utkání. Ve studii Tan et al. (2014), byla využita 3D virtuální realita ke sledování změn v úzkostných stavech a sebedůvěrou volejbalových hráčů. Využití skupinové nebo individuální 3D vizualizace se samotným hráčem může sloužit jako jeden z mnoha dalších prostředků tréninkového procesu z pohledu pozitivní sebereflexe a detailnější deskripce pohybu jakou je videozáznam.

Mezi nové studie, které se zabírají sledováním pozice hráčů a míče v plážovém volejbale je publikace Gomez et al. (2014). Cílem studie byl rozvoj metody pro 3D digitalizaci 2D obrazu a následně co možná nejvyšší přesnosti odchylky a automatizace procesu. Sledované utkání bylo snímáno jednou

videokamerou umístěnou za hřištěm. Pomocí filtrování integrálního histogramu byly dosaženy výsledky se shodností pohybu hráčů blíž k videokameře 74,6 % a 82,6 % mezi částicovou analýzou a metodou pomocí histogramu. Trajektorie letu míče byly odhadovány pomocí interpolace obrazu a parabolických letových vzorců. Sledování trajektorie měli nízkou přesnost a to 48,9% shodnosti s reální pozicí míče. Pro nedostatečnou přesnost automatické evaluace, doporučují výsledky studie pracování na algoritmech, ale pro jednoduchost a rychlost procesu je metoda pomocí histogramu vhodný kandidát pro evaluaci pohybu hráčů. Využitím televizního přenosu volejbalového utkání a evaluaci trajektorie výskokových modelů se věnovala skupina Hsu et al. (2014). Ve své studii nabídli efektivní systém, který je schopen odlišit a rozpoznat volejbalové hráče a následně rozlišit fáze výskoku pomocí analyzování televizního přenosu. Transfer objektivních výsledků do reálných hodnot distancí nebyl cílem studie. Primárně je videozáznam sestřihán do jednotlivých rozeher, podobně jako v této diplomové práci. Pro začátek a konec roze hry byl zvolen moment detekce zvuku píšťalky rozhodčího. Opět podobně jako v naší studii, následovala kalibrace kamery, která měla za úkol synchronizovat koordináty videozáznamu s reálnými koordináty. Studie potvrdila, že systém je schopen rozlišit samotné hráče a výskokový náběh a samotný výskok ve vertikální složce od jiných, odlišných pohybů volejbalových hráčů na hřišti v horizontální rovině. Výhodou studie je velká populace analyzovaných hráčů a poměrně velká preciznost rozeznání hráče na hřišti (92,08%) a rozeznání výskoku (83,87%) z videozáznamu. Další studie využívající kinematickou analýzu pohybu ve volejbale patří Seminati et al. (2014) a Wagner et al. (2014), který se věnují prevenci zranění pletence ramenního. Ve své studii komparují různé techniky útočného, smečářského úderu volejbalových hráčů. Seminati et al (2014) užívá 3D kinematickou vizualizaci horní končetiny byla zaznamenána pomocí optoelektrického systému. Srovnány byly tradiční a alternativní smečářské pohyby bez výskoku, s výskokem s úderem, nebo bez úderu do míče. Výsledky ukázaly, že alternativní typ vykazuje potencionální prevenci před zraněním a dokonce i rozvoj výkonnosti hráčů. Znamenitym přínosem bylo další potvrzení, že 3D vizualizace pohybu je vhodný prostředek pro využití ve sportovních činnostech ve volejbale, jako je například další studie Wagner et al. (2014). Využívá Vicon motion systém pro kinematiku pohybu horních končetin v různých sportech jako je házená, tenis a volejbal. Sledovanou populaci tvořili elitní hráči vybraných sportů. Studie našla spojitosti mezi rychlostí a úhlem pohybů horních končetin v jednotlivých sportech, ale specifické odlišnosti mezi

držením tenisové rakety a taky provedením pohybu na jedné noze nebo ve výskoku. Skupina Kapidzic et al. (2014) se věnovala kinematické analýze volejbalových hráčů při odbití míče obouruč zdola na menší a větší vzdálenost. Metoda výzkumu se blížila metodě využitý v této diplomové práci. Pro videoanalýzu byl využitý videozáznam s kalibrační krychlí o rozměru 1 m x 1 m x 2 m a digitalizace pomocí softwaru Kinovea. Výsledky studie indikují rozdílnost v kinematických parametrech při odbíjení obouruč spodem v závislosti na vzdálenosti cíle, proto Kapidzic et al. (2014) ukazuje přínos dané studie pro optimalizaci uhlů mezi jednotlivými tělesnými segmenty při odbíjení a efektivní transfer do tréninkového procesu. Yelverton (2014) se věnoval ve své publikaci normalizací rychlostí podání pro trénink podání a příjmu ve volejbale. Studie obsahovala velký počet proměnných pro objektivní zpracování (2097 podání) a analyzováni byli hráči světové úrovně. Výsledky poskytly normalizovaný rozsah rychlostí podání různých druhů podání v mužském a ženském volejbale. Implikace pro trenéry znamená nastavení dizajnu tréninkové jednotky a využití automatizovaných přístrojů pro servis. Hráči se tak můžou více specificky připravovat na reální situace v utkání. Jelikož se jedná o elitní úroveň, v nižších soutěžích se můžou tyto hodnoty rychlostí podání lišit. Publikace Boyd et al. (2013) se svým obsahem přibližuje této diplomové práci. Motorické nároky australských ragbistů v rámci fyziologického a fyzického stresu byly sledovány a komparovány z hlediska kvantifikace externího zatížení jak v utkání, tak i v tréninku. Cenným přínosem bylo rozdělení sledované populace na elitní a subelitní ragbisty, co značně přispělo k hodnotám získaných údajů. Celkem 40 hráčů fotbalu (19 elitních, 21 subelitních) nosilo v průběhu tréninkové jednotky a v průběhu utkání akcelometer, který zaznamenával rychlosti pohybu a měřil frekvenci a velikost pohybu těla ve třech rozměrech. Velmi cenným poznatkem, bylo podobně jako v této diplomové práci, komparování jednotlivých herních pozic (celkem 4) a jejich interindividuálních rozdílů. Výsledky studie ukázaly, že v elitní a taky v subelitní skupině dosáhly nejvyšších hodnot externího zatížení středopolaři před ostatníma hráčskými pozicemi. Herní externí zatížení ale bylo vyšší u elitních sportovců a taky rozdílnost mezi tréninkovou jednotkou a utkáním ukázala evidentní výsledek, že zatížení v herních cvičeních v tréninku bylo stejné nebo vyšší než v utkání. Studie se dále detailněji věnovala deskripci průběhu tréninkové jednotky, přičemž klasifikovala cvičení do pěti různých celků. Vzhledem k specifikaci cvičení a herních pozic ve sportu, je to velice cenným poznatkem pro diferenciování a hodnocení externího zatížení hráčů.

Jednotlivá cvičení si vyžadují zaměřený přístup a provedení. Diferenciace cvičení ukázala, že jedině simulace herních situací prostřednictvím malých her dosahovalo stejného nebo vyššího zatížení jaké bylo evaluováno v utkání. Je otázkou, jestli je jedna z pěti částí tréninku dostatečná pro přípravu organismu na zatížení v utkání. Závěr obsahoval tvrzení, že využití kvalitních akcelometru poskytuje podobné výsledky o externím zatížení jako je GPS systém a při absenci časo-prostorové kinematické analýzy pohybu může sloužit jako alternativa k posuzování lokomotorické aktivity.

Rawston et al. (2014) se ve své publikaci věnovali evaluaci rychlých změn směru pohybu ve sportu. Jak argument předkládají, že využití GPS (Global Positioning System) je v dnešním sportu a kvantifikaci výkonu běžně validně používána a to hlavně v celkové kvantifikaci distance a rychlosti pohybu. Správně poznamenali, že systémem GPS je distance a rychlost je dostatečně validní, ale vyhodnocení rapidní změny směru pohybu a vliv náhlých změn směrů pohybů je do této doby nedostatečně pochopený a to zejména v týmových sportech. Ve své studii. Pro monitorování GPS distancí a směrů byl využit LIS-running Test (Loughborough Intermittent Shuttle-running Test). Výsledky studie projevili tvrzení, že rapidní změna směru pohybu degraduje přesnost a absolutní reliabilitu GPS měření při kvantifikaci více-směrového pohybového vzorce. Využitím evaluace a komparace distance a rychlosti pohybu mezi GPS systémem a VICON systémem se věnovala také skupina Vickery et al. (2014). Komparace dat o provedení typických pohybů ve sportech jakými jsou kriket, tenis a fotbal ukázaly nízké hodnoty reliability ($r = -0,35$ až $0,39$) a rozdílnost v měření distance a rychlosti pohybů ve variaci od 3-33% mezi GPS a VICON systémem. Potvrzují tak Rawston et al (2014) tvrzení o nedostatečné reliabilitě sledování pohybů v týmových sportech prostřednictvím GPS systému ale upozorňují, že tyto data o pohybu v týmových sportech jsou velkým přínosem co do evaluace a aplikace ve sportovním tréninku. Další z řady pilotních studií je Che & Lu (2014), který zdůrazňuje možnosti využití a pozitivního přínosu technologií záznamu pohybu ve sportu a jeho efektivního obohacení úrovně sportovního tréninku. Konkrétně se jedná o technologii Microsoft Kinect, která využívá kombinaci mezi 2D grafickými obrazy záznamu fotografií a novou 3D hloubkový záznam fotografií. Přes vysokou dosaženou přesnost, je systém Kinect schopen pochopit obrys těla a jeho

pozici, následně odvodit pohyby a rozlišit jejich význam. Labayen et al (2014) připomínají vývoj kinematické analýzy a popisují trend, jakým video analýza zasáhla sportovní odvětví. S vývojem technologií video nahrávání ve vysokém rozlišení, výkonná výpočetní technika, přirozená touha po progresu ve výkonu a možnostech jeho zkoumání a v neposlední řadě poptávka organizátorů, trenérů, televize a diváků. Ve své publikaci se věnovali deskripci trajektorie letu míče a její 3D vizualizaci pro využití ve sportovním televizním vysílání. Konkrétně systém, který asistuje rozhodčím při posuzování kontroverzních situací v utkání a je finančně dostupný pro regionální vysílání. Ishii et al. (2007) využili na 3D vizualizaci, analýzu a sledování míče ve fotbale dvou synchronizovaných videokamer. Úspěšně zvládli nahradit momenty, ve kterých se míč ztratil z dohledu videokamery pomocí Kalmanovho filtru a algoritmus použitý pro studii byl schopen úspěšně sledovat pohyb míče skoro s úrovní živého přenosu.

Volejbalově zaměřená studie od skupiny Chen et al. (2012, 2011) se věnují 3D kinematickou analýzou volejbalových hráčů a taky trajektorie letu míče. Let míče a aproximace trajektorie byla ve studii (Chen et al., 2012) sledována jen pomocí jedné videokamery. Využití videozáznamu volejbalového utkání je v dnešní době plně rozšířenou složkou herní statistiky volejbalových družstev. Videokamera je umístěná za hřištěm a synchronizována se statistickým softwarem. Zmiňují, že interference mezi 2D do 3D koordinátů je velkou výzvou co se týče závěrečné reliability a využitelnosti do praxe. Evaluováno byly celkem 3 utkání a přesnost využitého algoritmu dosáhl rozsahu 86,15 % až 88,17%. Námět pro zhotovení co nejvíce přesného algoritmu je pro využití a aplikaci televizního vysílání. Soubor dat o letu míče, jsou ale využitelné také pro tréninkový proces. Publikace Chen et al. (2011) ukázala rozlišnost ve 3D kinematice mezi muži a ženami v průběhu volejbalového útoku. Výsledky odhalili, že rozdílnost v provedení mezi muži a ženami spočívala v rychlosti těžiště těla a flexibilitě postury při útočném úderu ve výskoku. U žen byly zaznamenány nižší rychlosti pohybu horních paží a menší rozsah pohybu jako u mužů. Závěrem studie bylo doporučení o rozvoj flexibility dolních končetin a náklonu trupu a také rozvoj silové složky horních a dolních končetin. Komparace mezi pohlavími je vhodným návrhem pro další zpracování analýzy pohybu, jakým se zabývá tato diplomová práce a může přinést rozvoj dané problematiky. Podobnou problematikou sledováním

volejbalového míče v utkání se věnovala dvojice Wang & He (2009). Cílem bylo vytvořit co nejméně závislý systém na lidské asociaci. Vytvořili hardware a software k sledování míče, přičemž experimentální výsledky ukázali správnost trajektorie míče na 92,25 %.

2.3 Charakteristika herních specializací ve volejbale

Z pohledu hráčských specializací je ve volejbale celkem 5 specializací, neboli pozicí a postů, jak se někdy označují. Jsou to nahravač, smečář, blokař, univerzál a specialista na obranu. Každá z těchto specializací má ve volejbalovém utkání jedinečné úkoly, a čím jsou pečlivěji dodržovány, tím má družstvo větší potenciál na podání kvalitního výkonu. Na hřišti ve volejbalovém utkání, se volejbalové specializace dělí na trojici hráčů, kteří se nachází v přední řadě na hřišti a z trojice hráčů v zadní řadě. Základní dělení často označuje hráče přední řady jako útočníky, pro jejich pravidly vymezenou možnost útočného úderu z výskoku z přední zóny a blokování soupeře. Zatímco hráči v zadní zóně jsou označováni jako přihrávající a bránící. Moderní volejbal disponuje svojí rychlostí a zdaleka neomezuje hráče na útok jen z přední řady. Pravidla umožňují útok ze zadní řady za předpokladu, že se hráč zadní řady nedopustí přešlapu útočné čáry, která dělí přední a zadní zónu. Na Obrázku A je na pravé straně možné vidět jednotlivé zóny hřiště. Na levé straně jsou přiřazeny hráčské specializace do zón, do kterých obvykle zaujímají pozici.



Obrázek 1: Volejbalové hřiště a jednotlivé zóny P1-P6 vpravo; preferované rozmístění hráčů v rozehře vlevo

2.3.1 Hráčská specializace nahrávač

Nahrávač má za úkol řízení ofenzivní činnosti celého družstva. Jejich činnost se soustředí na druhý dotek s míčem po příjmu podání. Primárním úkolem a odpovědností je nahrát míč do místa kde může útočící hráč smečovat a to s co největší přesností a spolehlivostí. Musí být schopni spolupracovat s hráči, řídit tempo hry a v krátkém čase rozhodovat o volbě taktiky a vhodného hráče pro konkrétní zakončení útokem. Směrem a rychlostí nahrávky tím pádem rozhodují o systému a strategii hry. Z fyziologického hlediska, by měli nahrávači disponovat rychlostními dovednostmi a také včasnou rozhodností a posuzováním herních situací ve prospěch družstva. Jestli se nahrávač nachází v přední řadě, jeho preferovanou zónou je P2 (pozice 2), kde se aktivně podílí na blokování a může také útočit. Dominantním pohybem je pro nahrávače pohyb vpřed a vzad, jelikož je někdy až několikrát za rozehru nucen zaujmout postavení v obraně (P1) nebo na nahrávce (P2 a P3).

2.3.2 Hráčská specializace libero

Libero je defenzivní specializace, která je spoluodpovědná za příjem podání a útoku soupeře. Pravidla nedovolují účastnit se blokování ani útoku, proto svoje využití nachází jen v zadních řadách hřiště. Na elitní úrovni jsou to většinou flexibilní hráči s nejrychlejším reakčním časem a vysokou úrovní přihrávajících dovedností. Libero má možnost volně mezi rozehrami střídat jakéhokoli hráče zadní řady. Jejich specializace si nevyžaduje vysoký tělesný vzrůst, jelikož se neúčastní rozeher v přední řadě. Zatížení libera se v obranné činnosti projeví zejména početnými rychlými přemístěními ve hřišti ve všech směrech a převážně nízkých pozicích. Preferovaná zóna ve hřišti je různá a liší se s taktikou družstva, obvykle to bývají zóny P5 a P6.

2.3.3 Hráčská specializace smečař

V každém utkání jsou na hřišti přítomni dva hráči specializace smečař současně. Primárním úkolem hráčské specializace smečař je útok převážně z levého rohu volejbalového hřiště (P4) a v pokročilých kategoriích taky ze zadní řady (P6). Smečaři

jsou většinou nejvíce komplexními hráči a na útoku jsou vytíženi ze všech hráčů nejvíce. Charakteristickým pohybem je v závislosti na umístění na hřišti většinou vpřed a vzad od sítě. Smečaři dominují svým delším a rychlým náběhem na smeč, často se tento rozběh u smečařů začíná mimo hřiště z levé strany. Někdy se hráčům přiřazuje pojem přihrávající smečař, jelikož sekundární úkol je příjem podání soupeře. Aktivně se podílejí taky na bloku útoku soupeře. Nároky na pohybové schopnosti a herní dovednosti jsou vysoké, jelikož jsou nuceni vykonávat většinu herních činností jednotlivce.

2.3.4 Hráčská specializace blokař

Hráči na specializaci blokaře se koncentrují na útok prvním sledem ze středních částí přední řady hřiště a na blokování útoku soupeře. Snaží se efektivně zamezit prostor, kde může míč letící ze strany soupeře proniknout na druhou polovinu hřiště, nebo vymezit prostor, kde je nucen soupeřův útočník odbít míč. Jejich pohyb je primárně podél sítě vpravo a vlevo. Většinou se nepodílí na příjmu podání soupeře ani obranné činnosti v zadní řadě hřiště. Tuto herní činnost si střídají se specializací libero, a tím pádem neparticipují ve všech rozehrách utkání. Jejich náběh na útok je kratší a rychlý. V pokročilých kategoriích má každé družstvo na hřišti dva blokaře současně. Jejich výchozí postavení je v přední zóně P3.

2.3.5 Hráčská specializace univerzál

Univerzál plní primární roli útočníka z přední řady (P2) nebo zadní řady (P1) a sekundárně se podílí na sestavování bloku v přední řadě (P2). Ve většině družstev se nepodílí na příjmu podání soupeře. Jelikož se v utkání nachází většinu času na pravé straně hřiště, jeho pohyb je spojen s přistoupením (pohyb vpřed) nebo odstoupením od sítě (vzad). Současně je v postavení opačném jako je nahravač. V situaci, kde je pro nahravače znemožněna nahrávka, se podílí na nahrávce univerzál nebo libero. Ve hře se aktivně podílí na komunikaci o postavení předních a zadních hráčích soupeře.

3. Cíle, hypotézy, úkoly práce

3.1 Cíle práce

- Objektivizovat pohyb jednotlivých hráčských pozic v elitním volejbalovém utkání
- Kvantifikovat a determinovat pohyb hráčů vzhledem k objemu distančních vzdáleností pohybu v elitním utkání
- Komparovat externí zatížení hráčů v utkání z hlediska absolvované distance pohybu v horizontální rovině

3.2 Hypotézy práce

1. Zatížení ve formě motorického projevu je pro jednotlivé hráčské specializace v utkání rozdílné
2. Pro jednotlivé hráčské specializace lze identifikovat dominantní preferenci směrového pohybu
3. 3D kinematická analýza pohybu hráček v herním poli poskytuje přesné a objektivní výsledky pro hodnocení motorického projevu

3.3 Úkoly práce

1. Zpracování teoretického základu pro řešení daného tématu
2. Výběr reprezentativního vzorku hráček a vhodného utkání pro realizaci experimentu
3. Vybrat vhodnou metodu pro 3D analýzu pohybu hráček během utkání
4. Realizace záznamu volejbalového utkání
5. Zpracování pohybu hráček během utkání ve formě 3D dat
6. Determinace polohy a pohybu jednotlivých hráček na konkrétních hráčských specializacích
7. Komparace výsledků mezi jednotlivými hráčskými specializacemi

4. Metodika výzkumu

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

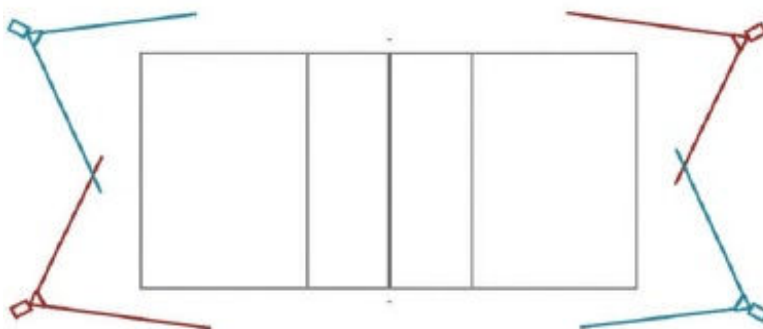
Analyzovanou skupinu tvořili elitní volejbalové hráčky, které působí v profesionálních volejbalových klubech nejvyšší světové úrovně. ($n=14$; věk= 25 ± 6 roku; výška= $182,3\pm 6,2$ cm; hmotnost= $72,1\pm 5,8$ kg). Tréninkové zatížení těchto profesionálních hráček odpovídá 16-19 hodinám specificky zaměřeného tréninku.

4.2 Organizace výzkumu

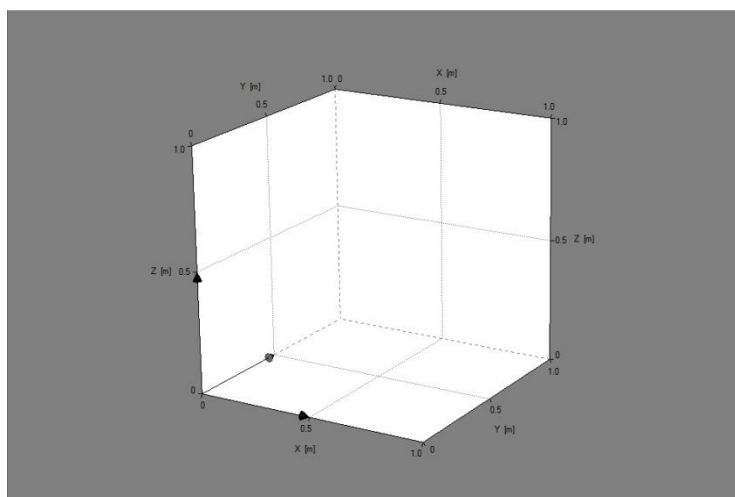
V této diplomové práci byla analyzována distance horizontálního pohybu v průběhu rozeher, ve které byla využita kinematická 3D videoanalýza. Utkání mělo celkem 5 setů a jednotlivé sety byli mezi sebou poměrně vyrovnané. Volejbalové utkání bylo snímáno celkem čtyřmi stabilními HD digitálními videokamerami (SONY HDC90E Sony Ltd., Japan) z celkem čtyřech úhlů. Snímkovací frekvence byla 50 pulsů/sekundu a rozlišení obrazu 1920 x 1080 pixelů. Šíře záběru byla celkem 10 m. Prostor, který byl snímán a kalibrován měl rozlohu poloviny hracího pole ve velikosti 9 m x 9 m x 2 m (v rámci uvedeného systému souřadnic). Záznamu utkání primárně předcházela záznam hrací volejbalové plochy, na které byla umístěna kalibrační krychle o rozměru 1 m x 1 m x 2 m. Na každé z kamer byl proveden 5 vteřinový záznam. Kalibrační krychle byla pomocí softwaru TEMA Bio 2.3 využita na označení parametrů jednotlivých bodů pro vytvoření kalibračního souboru a stanovení pevných parametrů pro rekonstrukci tří-rozměrného prostoru. Kalibrační soubor tak sloužil pro definici parametrů v dalších záznamech utkání.

4.3 Metody získávání a zpracování výzkumných údajů

Pro proces kalibrace byla zvolena dvanáctibodová soustava souřadnic. Rekonstrukce prostorových souřadnic dosazením plošných údajů souřadnic do rovnic s výpočetními koeficienty DLT (Direct Linear Transformation), kterými byli získány rezidua. Rezidua sloužili jako deviace reálné polohy bodů od vypočtených hodnot.



Obrázek č. 1: Rozmístění kamer pro záznam utkání



Obrázek č. 2: 3D vizualizace kartézské soustavy souřadnic vytvořených kalibračním souborem v Tema Biomechanics 2.3

Přesnost rekonstrukce prostoru je potřeba vztáhnou k šíři reálného záběru, který byl 10 metrů. Tabulka č. 1 proto obsahuje variabilitu hodnot reziduí. Maximální odchylka kamery 1 je v bodě 7 a má hodnotu 0,0548 m. V tomto bodě má kamera 2

odchylku 0,0278 přičemž průměrná odchylka v bodě 7 je 0,041 m. Minimální odchylka u kamery 1 je 0,0013 m u bodu 4, kde u kamery 2 má tento bod odchylku 0,0278 m. Spolu mají tyto dva body průměrnou odchylku 0,0145 m. Maximální odchylka u kamery 2 je 0,0438 m u bodu 6, kde u kamery 1 je odchylka 0,0278 m. Spolu tyto dva body dávají průměrnou odchylku 0,0357 m. Minimální odchylka kamery 2 je 0,0062 m u bodu 12, kde u kamery 1 je 0,0206 m, spolu tyto dva body mají průměrnou odchylku 0,0124 m.

Při posouzení dosažených výsledků v Tabulce č. 1, lze konstatovat, že maximální odchylka 0,0548 m u kamery 1 a 0,0438 m u kamery 2 reprezentují vzhledem k šíři reálného záběru 0,55 %, resp. 0,5 %. Pro minimální odchylku kamery 2 0,0062 m je to 0,06 %, u kamery 1 0,0013 m je to dokonce 0,01 %. Pro průměrnou odchylku 0,0296 m vypočtenou ze všech odchylek to znamená 0,3 %.

bod kalibrace	kamera 1	kamera 2	průměr
	res-bodu (m)	res-bodu (m)	
1	0,0365	0,0323	0,0344
2	0,0507	0,0389	0,0438
3	0,0106	0,0333	0,0220
4	0,00125	0,0278	0,0145
5	0,0323	0,0063	0,0193
6	0,0275	0,0438	0,0357
7	0,0548	0,0272	0,0410
8	0,032	0,0398	0,0359
9	0,0485	0,0206	0,0346
10	0,0354	0,0223	0,0289
11	0,0457	0,017	0,0314
12	0,0206	0,0062	0,0134
max	0,0548	0,0438	
min	0,0013	0,0062	
průměr	0,0330	0,0281	

Tabulka č. 1: Hodnoty výpočetních reziduí kalibračních bodů vzhledem k reálně zobrazenému prostoru

S ohledem na reálně zobrazený prostor a výsledků reziduí v Tabulce č. 1, je možné říct, že hodnoty odchylek jsou velmi malé. Důsledek optického zkreslení objektivu, je v této situaci, kdy jsou kamery vzdáleny od snímaného objektu ve větší vzdálenosti velmi malý.

Digitalizace rozeher utkání z videozáznamu do PC byla zpracována softwarem Virtual Dub a Premiere Adobe. Jako jednotný bod pro deskripci trajektorie, tím pádem

reprezentující pohyb hráčky na hřišti, byl v této studii zvolen střed hlavy hráčky. Sledování a označení jednotlivých pozic bodu v kalibrovaném prostoru každého záznamu roze hry, bylo pomocí softwaru Tema Bimechanics 2.3. Softwarem Tema Biomechanics 2.3 byly diferenciovány hodnoty pro export do souborů, které byly následně zpracovány v softwaru MS Excel (Microsoft, USA) a SPSS 19.0. (StatSoft, USA).

Každá roze hra měla standardizovaný okamžik pro začátek a pro ukončení roze hry. Pro jednotný začátek byl standardizován okamžik, kdy si hráčka vyhazuje míč na podání a míč se nachází na úrovni její hlavy (Obrázek č.3). Standardizace okamžiku pro ukončení sledování hráčů v roze hře byl stanoven dotyk míče s hrací plochou. Digitalizace evaluovala prostorové souřadnice poloh označených bodů. Jako reprezentativní pozici hráčky, byl pro simplifikaci manuálně zvolen střed hlavy každé hráčky (Obrázek č. 4). Tyto body reprezentovaly pozici každého hráče na hřišti každých 20 ms. Sumace 3D prostorových pozic těchto bodů reprezentují trajektorii pohybu hráčů v horizontální a taky ve vertikální rovině pohybu a dále byla hodnocena jen jako projekce pozice hráčů d plochy hracího pole přičemž snímkovací frekvence byla 50 Hz. Pozice těla hráčky na hřišti, simplifikována pozicí středu její hlavy, měla vysokou objektivní hodnotu. Prostorová přesnost pomocí kalibračního souboru docílila 0,25 % reálné šíře záběru (v cm). Následovala diferenciac e hráček a jejich výsledků o trajektorii pohybu a časové participaci na hřišti podle jednotlivých postů. Pro kalkulaci frekvence a četnosti pohybů hráček na jednotlivých postech, jejich rychlostí a zrychlení v jednotlivých setech byl použit software Matlab (© 1994-2015 The MathWorks, Inc.).



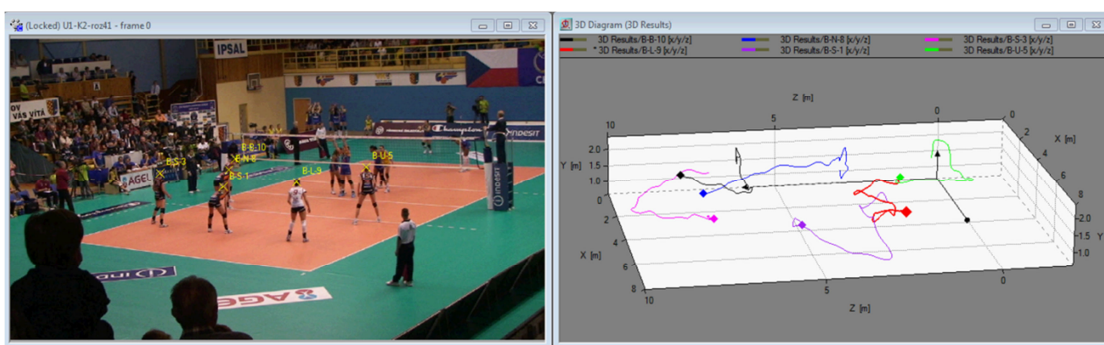
Obrázek č. 3: Standardizovaný začátek (A) a konec (B) roze hry



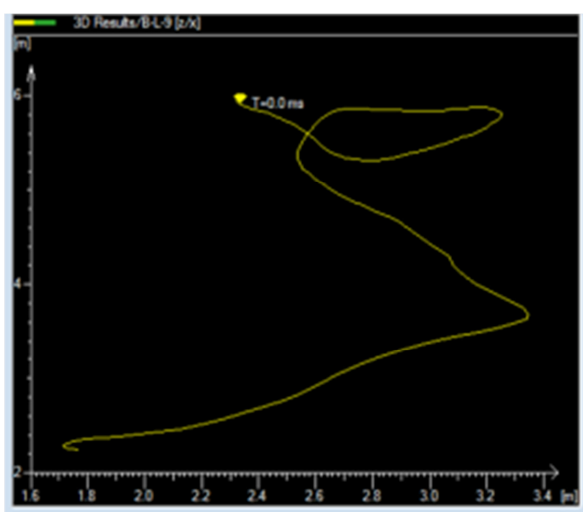
Obrázek č. 4: Simplifikace pozic těla hráčů na hřišti; pohled Kamery 1

5. Výsledky

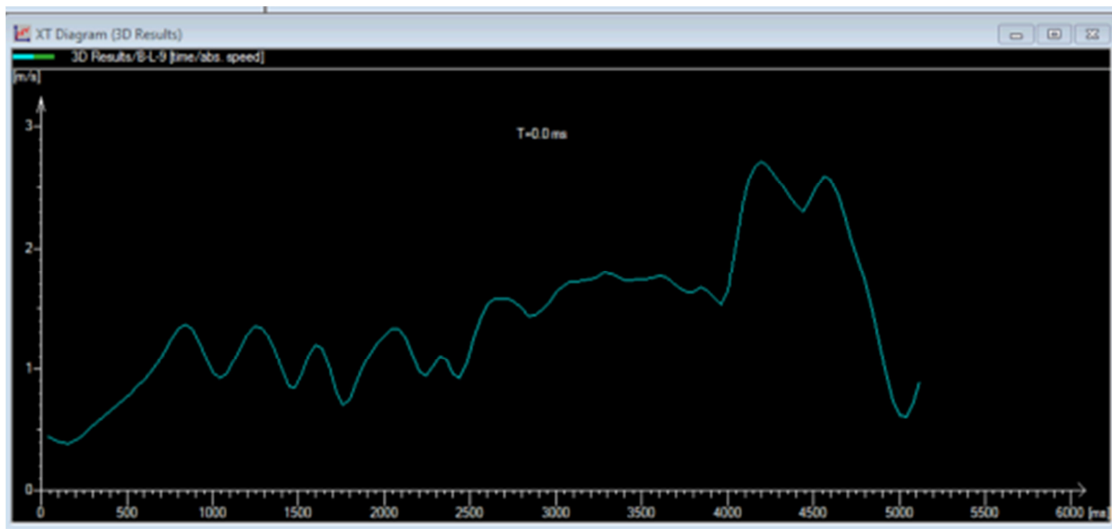
Kalkulace prostorových souřadnic pro body, které reprezentují pozici hlavy hráčky (simplifikace pozice hráčky) a v časovém úseku tvoří trajektorie pohybu v horizontální a vertikální rovině. Takto znázorněný pohyb nám přináší záznam o pohybu ve formě 3D vizualizace pohybu všech hráček na hřišti ve všech rozechách v utkání každých 20 ms. Výsledky této studie, na rozdíl od předchozí bakalářské práce obsahují výsledky o směrech, rychlostech a zrychlení hráček a taky komparace mezi interindividuálními rozdíly. Na Obrázku č. 5 je znázorněný příklad třírozměrné vizualizace pohybů hráček v utkání spolu s grafickou evaluací pohybu. Znázornění tohoto typu slouží pouze k vizualizaci a případně k dodatečné interpretaci získaných dat spolu se sumarizováním informací o pohybu hráček na hřišti a individuálními specifikami.



Obrázek č. 5. : 3D grafická vizualizace pohybu hráček v jedné rozechře

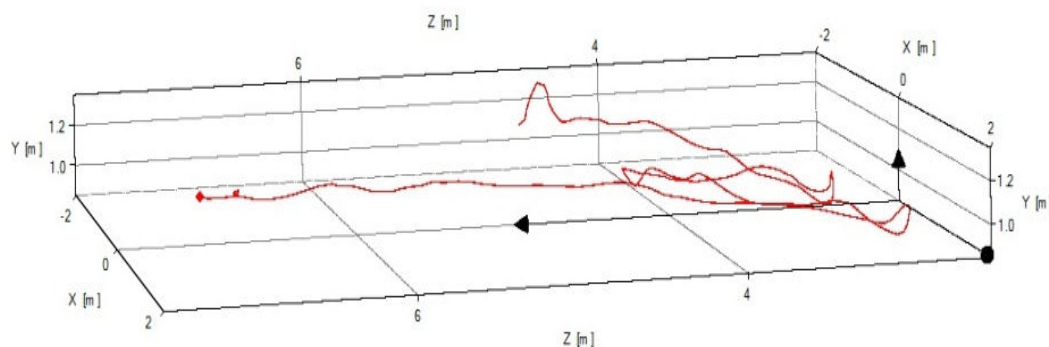


Obrázek č. 6 : Diagram XZ roviny znázorňující pohyb volejbalové hráčky v horizontální rovině



Obrázek č. 7 : Diagram XT znázorňuje průběh změny rychlosti pohybu volejbalové hráčky v jedné rozeře (závislost pohybu v X rovině v čase T)

Obrázek č. 8 : 3D grafická vizualizace pohybu volejbalové hráčky v jedné rozeře



V analýze sledovaného utkání bylo evaluováno celkem 167 rozeher (celkem 4 hrané sety). V tabulce č. 2 je možné vidět jednotlivé zastoupení počtu rozeher pro jednotlivé sety.

Set	Roze hry
1.	45
2.	41
3.	40
4.	41

Tabulka č. 2 : Četnost rozeher v jednotlivých setech

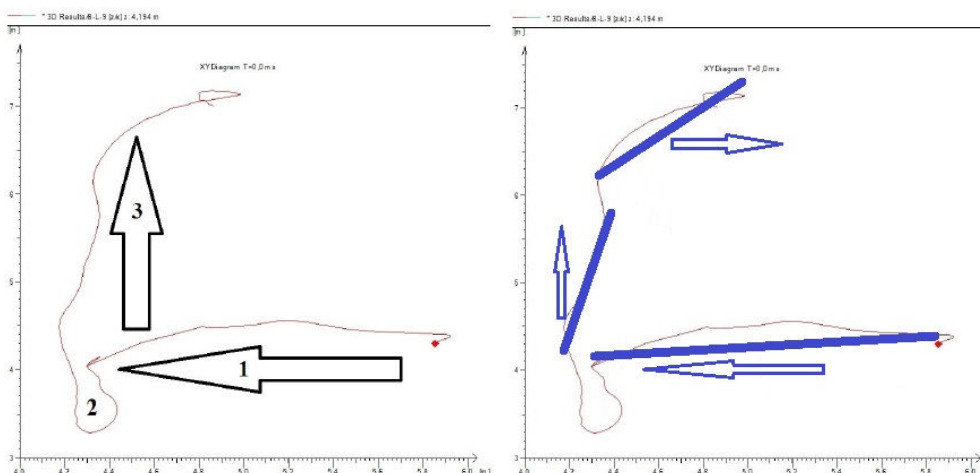
První set obsahoval celkem 45 rozeher, druhý set obsahoval celkem 41 rozeher, třetí set obsahoval 40 rozeher a čtvrtý set obsahoval celkem 41 rozeher, ve kterých

bylo možné evaluovat pohyb všech hráček po dobu celé roze hry. Průměrný počet roze her pro jeden set byl 41,75.

Jak bylo zmíněno v předcházející bakalářské práci, tato analýza umožnila evaluovat průběh pohybu a tím pádem znázornit směr pohybu. Jak je vidět na příkladu na Obrázku č. 10 a Obrázek č. 11, byl celkový průběh pohybu hráčky v horizontální rovině rozdělen na jednotlivé úseky pohybu (pro danou studii a analýzu byly charakterizovány četnosti a distance směrů pohybu s velikostí 80 cm a větší). Následně byla sečtena frekvence (četnost) jednotlivých pohybů vzhledem k pohybu k síti. Kritérium pro evaluaci pohybu je možné vidět na Obrázku č. 9, směr pohybu byl rozdělen celkem na čtyři směry po 90°. Směr vpřed (k síti), směr vzad (od sítě) a směry na stranu (doleva, doprava).

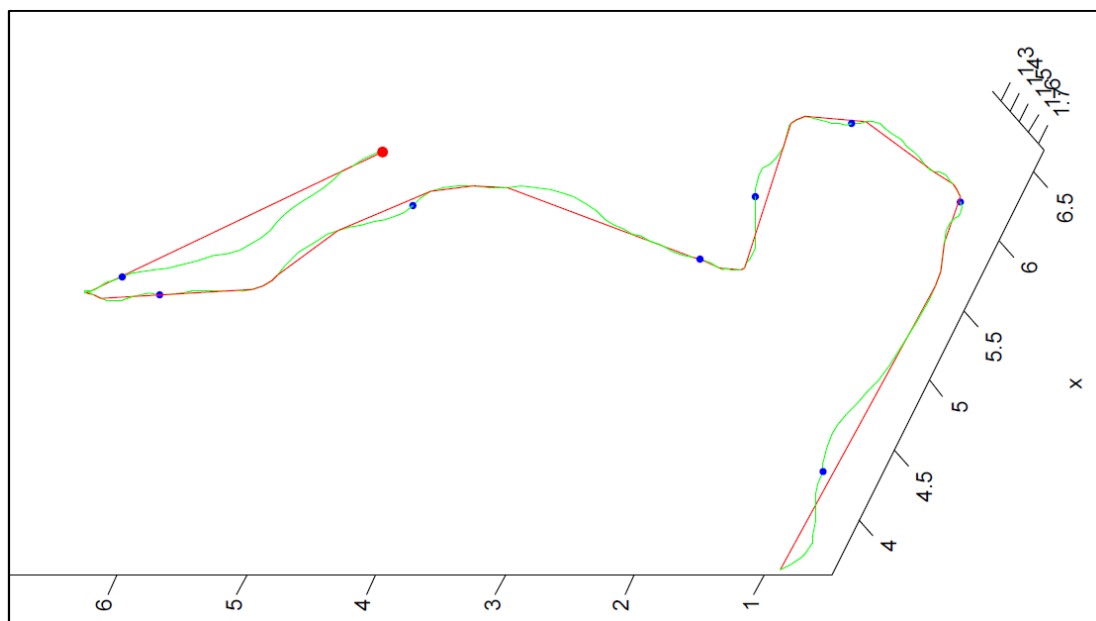


Obrázek č. 9 : Grafické znázornění simplifikace směru pohybu po 90°



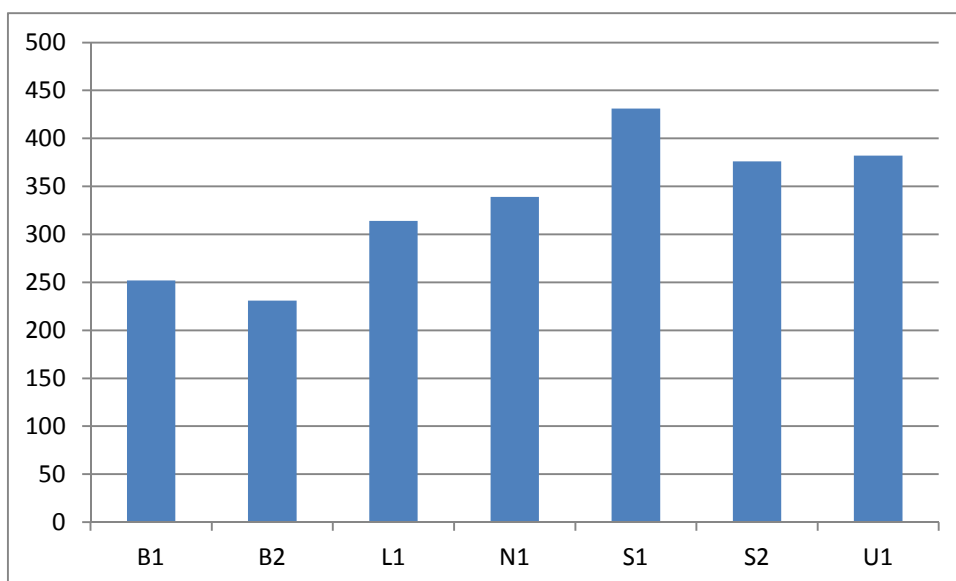
Obrázek č. 10: Náčrt možnosti evaluace pohybu (A) a teoretická verze (B) evaluace frekvence a délky pohybů hráčky

Je možné konstatovat, na základě znázornění Obrázku č. 10, že pohyb hráčky v této rozeřbě obsahoval prvotně pohyb na stranu vlevo, sekundárně pohyb vpřed k síti a terciárně pohyb na stranu vpravo. Pohyb v jedné rozeřbě obsahoval celkem tři směry pohybu vzájemně se lišících pohybů o různých rychlostech.



Obrázek č. 11 : 3D Evaluace frekvence a délky pohybů hráčky pomocí softwaru Matlab (© 1994-2015 The MathWorks, Inc.); trajektorie pohybu hráčky má začátek v červeném bodě, modré body znázorňují sekundový značky.

Obrázek č. 11 znázorňuje aproximaci trajektorie pomocí lineárních funkcí pohybu pomocí softwaru Matlab ve všech třech rozměrech. Simplifikace pohybu umožnila rozčlenit pohyb na jednoduché a plynulé úseky. Umožnila výpočet rychlostí a diferenciaci směrů pohybů hráček vzhledem k síti.



Graf č. 1: Četnost pohybu jednotlivých hráček

Následně nám Tabulka č. 3 a Graf č. 1 poskytuje informace o četnosti pohybů jednotlivých hráček v horizontální rovině vpřed, vzad, vlevo a vpravo vzhledem k síti. Nejvyšší četností pohybů směrem k síti dosáhly hráčky na specializaci smečáře a univerzála. Smečářka 1 dosáhla četnosti 149 a univerzála 146. Projevilo se to i na součtu distancí těchto směrů, kde smečářka 1 dosáhla 143,1 m pohybem k síti a univerzála 198,86 m. Nejvyšší četností pohybů směrem od sítě dosáhly také hráčky na specializaci smečáře a univerzála. Smečářka 1 dosála celkem 103 jednotlivých pohybů od sítě s distancí 124,62 m a univerzála celkem 90 s distancí 108,53 m. Největší počet pohybů směrem vlevo vykonali hráčky specializace nahrávačka s četností 127 a distancí 153,2 m a smečářka 2 s počtem 102 a distancí 119,7 m. Nejvyšší četností pohybů směrem vpravo dosáhla smečářka 1, celkem 106 s distancí 103,72 m a hráčka na specializaci libera s četností 91 s distancí celkem 112 m. Hráčka na postu blokačky 1 absolvovala celkem 70 pohybů směrem k síti s celkovou distancí 80,61 m. Vzhledem k 60% participaci v setu jsou hodnoty pohybů vpřed srovnatelné, ale pohyby na stranu jsou nadprůměrné. Hráčky na pozici blokař 1 dosáhla četnosti 84 pohybů vlevo s absolutní distancí 98,64 m a blokačka 2 celkem 72 pohybů vpravo s distancí 90,23 m. Hráčky na specializaci libera dosáhly vzhledem k participaci 78,2 % v utkání celkovou četnost v směru vpravo 91 pohybů a distancí 112,61 m. Hráčka na specializaci univerzála dosáhla nejnižšího počtu pohybů 56 s distancí 55,78 m, přičemž v pohybech vlevo a vzad dosáhla vyšších výsledků a to totožně 90 s distancí 108,53 m pro pohyb vzad a 108,42 m pro pohyb vlevo. Tyto hodnoty ukazují, že

závislost na umístění hráčské specializace na hřišti hraje roly v externím zatížení. Jednotlivé hráčky mají vzhledem ke svojí specializaci minimálně jeden určitý směr pohybu, který převládá nad ostatními.

Četnost pohybů hráček	Vpřed (-)	Vzad (-)	Vlevo (-)	Vpravo (-)
B1	70	31	84	67
B2	71	22	66	72
L1	100	70	53	91
N1	78	65	127	69
S1	149	103	73	106
S2	138	66	102	70
U1	146	90	90	56

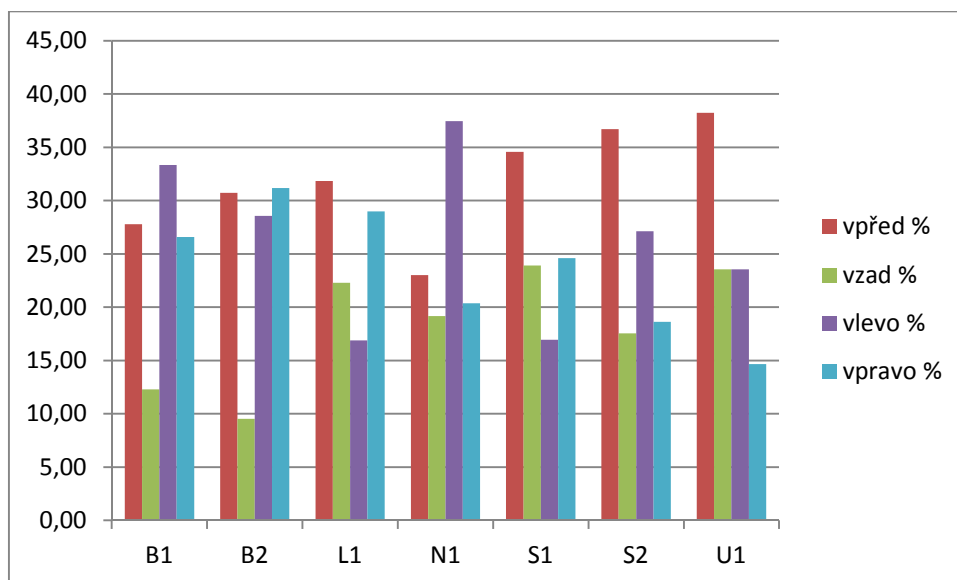
Tabulka č. 3: Četnost pohybů podle hráčských specializací vzhledem k síti

Distance pohybu hráček	Celkem (m)	Vpřed (m)	Vzad (m)	Vlevo (m)	Vpravo (m)	předo/zadní (m)	pravo/levý (m)
B1	284,5	80,6	34,9	98,6	70,4	115,5	169,1
B2	286,6	93,7	21,6	81,2	90,2	115,2	171,4
L1	398,1	137,6	86,1	61,8	112,6	223,7	174,4
N1	401,6	101,3	71,3	153,2	75,5	172,6	228,9
S1	495,9	173,4	124,6	94,2	103,7	298,1	197,9
S2	471,1	179	88,4	119,7	83,9	267,4	203,6
U1	471,6	198,9	108,5	108,4	55,8	307,4	164,2
S-N-U-L mean	447,6	158,1	95,8	107,5	86,4	253,8	193,8
Blokař mean	285,6	87,135	28,2	89,9	80,3	115,4	170,2

Tabulka č. 4: Celková distance pohybů podle hráčských specializací ve směrech vzhledem k síti v metrech

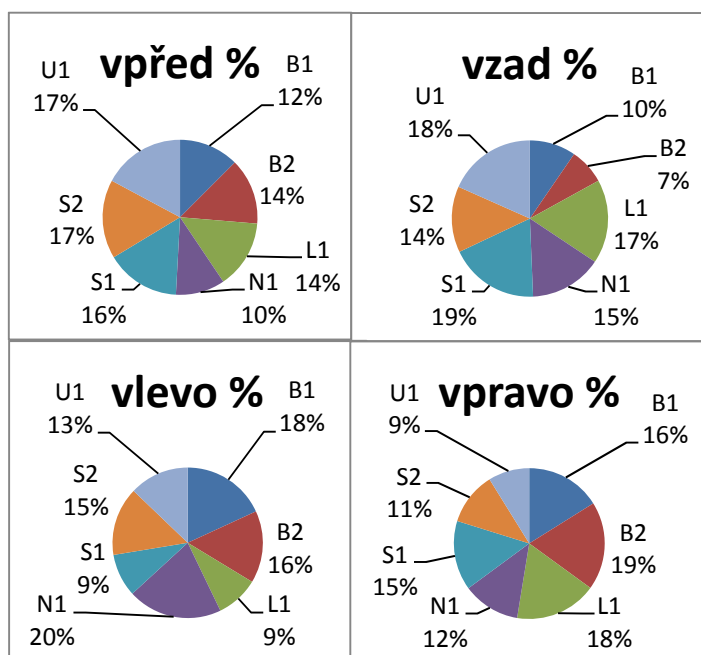
	celkem	vpřed %	vzad %	vlevo %	vpravo %
B1	252	27,78	12,30	33,33	26,59
B2	231	30,74	9,52	28,57	31,17
L1	314	31,85	22,29	16,88	28,98
N1	339	23,01	19,17	37,46	20,35
S1	431	34,57	23,90	16,94	24,59
S2	376	36,70	17,55	27,13	18,62
U1	382	38,22	23,56	23,56	14,66
S-N-U-L mean	368,4	32,86975	21,29567	24,39347	21,44111
Blokař mean	241,5	29,25685	10,9127	30,95238	28,87807

Tabulka č. 5 : Procentuální komparace mezi směry pohybu volejbalových hráček v horizontální rovině (S-N-U-L , smečář-nahrávač-univerzál-libero)



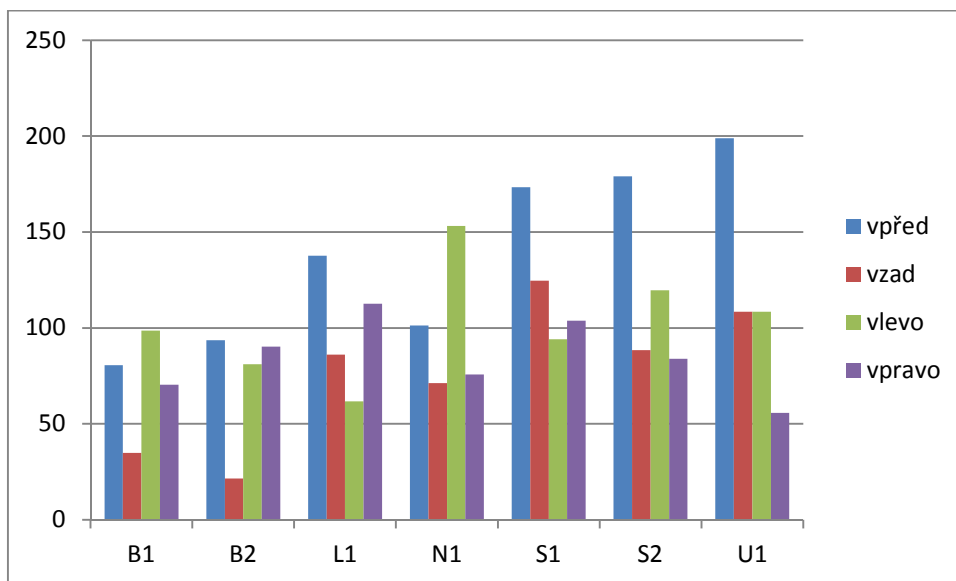
Graf č. 2: Procentuální evaluace četnosti pohybu volejbalových hráček do směrů vpřed, vzad, vlevo, vpravo.

Výšečový graf č. 1: Procentuální evaluace četnosti pohybu volejbalových hráček do směrů vpřed, vzad, vlevo, vpravo

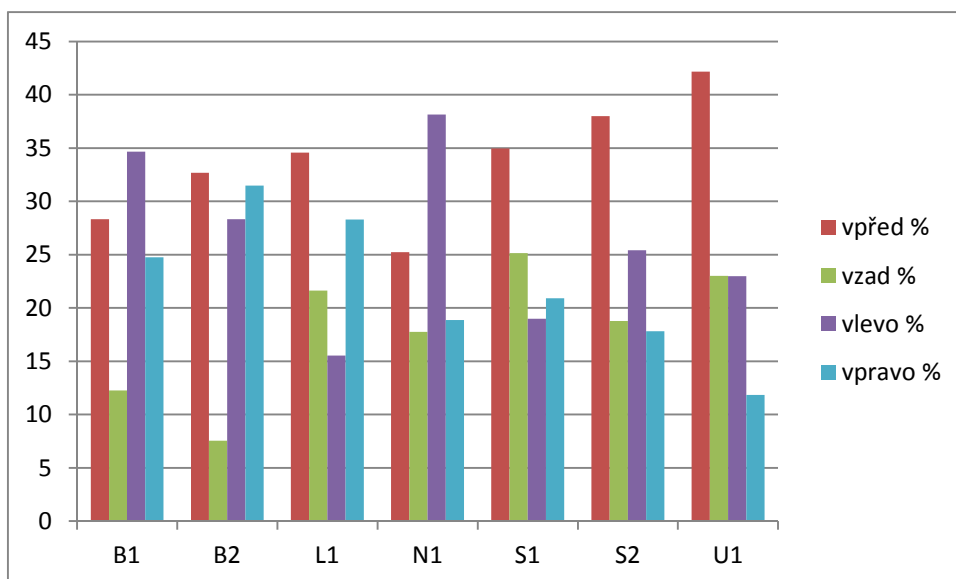


V Tabulce č 5 a Grafu č. 2 můžeme vidět procentuální kvantifikaci pohybu hráček v utkání. Hráčky na specializaci blokař 1 a 2 vykonali celkem 252 a 231 pohybů, jak je vidět na Grafu č. 2. Blokařka 1 absolvovala celkem 27,78 % pohybu vpřed, 12,3 % pohybu vzad a 33,33 % pohybu vlevo a 26,59 % pohybu bylo vykonáno vpravo. Následně hráčka na specializaci libera absolvovala za celé utkání celkem 314 různých úseků směrů pohybu vyšších než 80 cm. 31,85 % pohybu bylo vykonáno směrem k síti, 22,29 % bylo vykonáno směrem od sítě vzad, 16,88 % vlevo a 28,98 % vpravo. Nahrávačka absolvovala celkem 339 směrů a z toho bylo 23 % vpřed, 19,17 směrem vzad od sítě, 37,46 % vlevo a 20,35 % vpravo. Hráčky na specializaci smečářek absolvovali celkem 431 a 376 pohybů nad 80 cm. Smečářka 1 dosáhla 34,57 % pohybů směrem k síti, 23,90 % směrem od sítě, 16,94 % vlevo a 24,59 % vpravo. Podobných výsledků dosáhla i smečářka 2, která absolvovala celkem 36,7 % pohybu vpřed, 17,55 % směrem od sítě, 27,13 % vlevo a 18,62 % vpravo. Hráčky na specializaci univerzál dosáhly celkem 382 pohybů. 29,25 % pohybu bylo vykonáno směrem k síti vpřed, 10,9 % pohybu směrem od sítě a do stran 30,95 % směrem vlevo, 28,87 % směrem vpravo. Procentuální komparace mezi hráčkami na specializaci blokař a ostatními nám ukazuje, že hráčské specializace jako je smečář, nahrávač, univerzál a libero dominují v pohybu směrem k síti a od sítě a že blokař dominuje

v pohybech na strany S-N-U-L dosáhly průměrné hodnoty 32,86 % pohybu k síti a 21,29 % pohybu směrem od sítě, 24,39 % vlevo a 21,44 % pohybu vpravo. Blokařky průměrně absolvovaly 241 pohybů, no procentuálně se věnovaly 29,25 % pohybu vpřed k síti, 10,9 % odstupováním od sítě směrem vzad no pohybu stranou vlevo dosáhly průměrného výsledku 30,95 % a vpravo 29,87 %.



Graf č. 3: Komparace distance jednotlivých směrů pohybu hráček v horizontální rovině v metrech

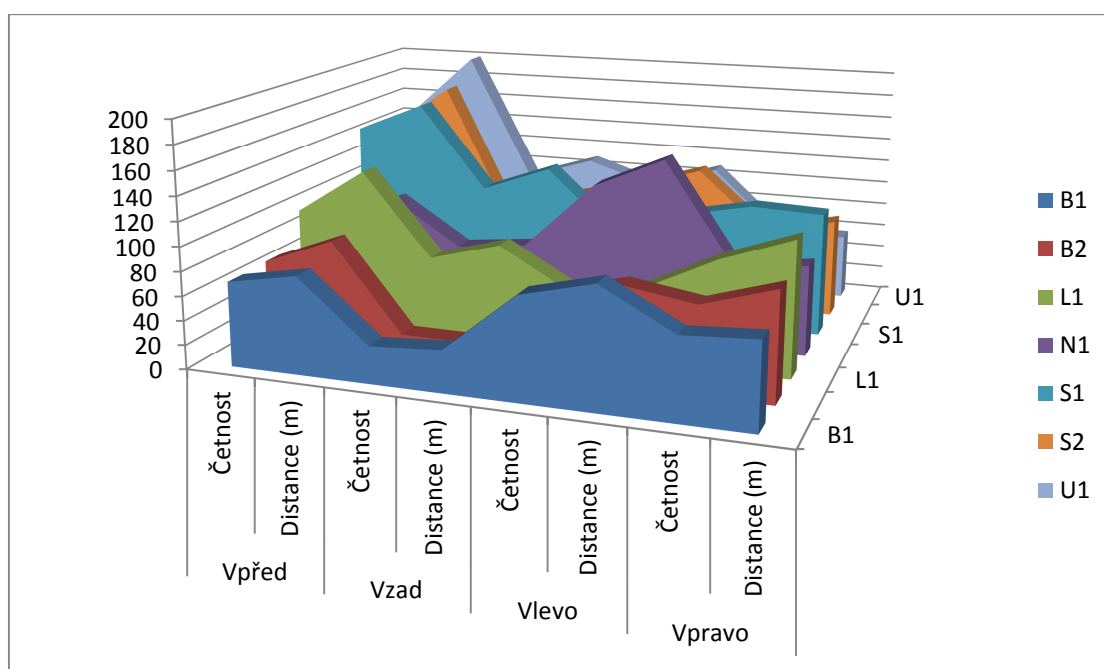


Graf č. 4: Procentuální komparace distance jednotlivých směrů pohybu hráček v horizontální rovině

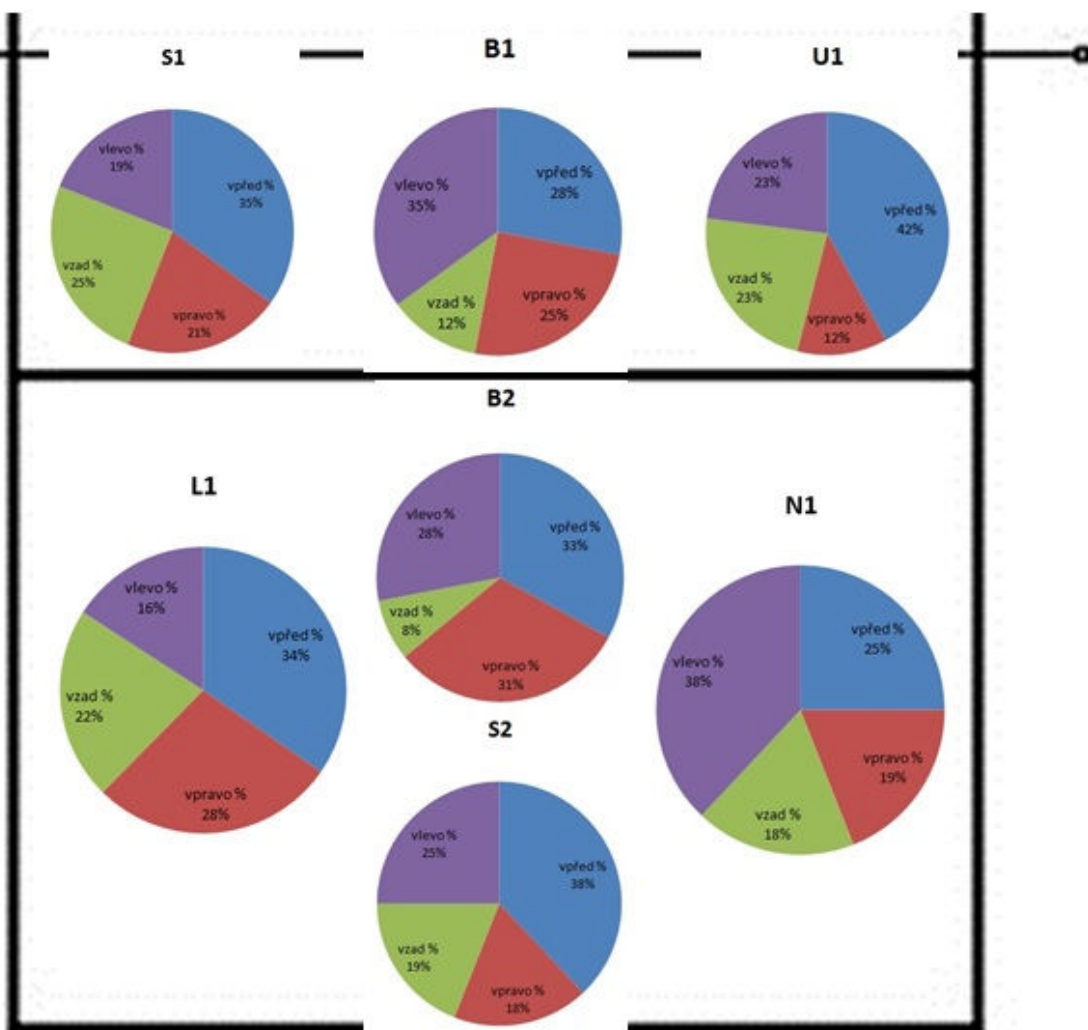
Graf č. 4 nám ukazuje procentuální komparaci mezi distancemi a směry jednotlivých hráčských specializací. Z Grafu č. 5 je možné vidět přehlednější znázornění dominance směrů pohybu hráček a jejich distancí. Hráčky na specializaci univerzál, smečář a libero dominují pohybem vpřed k síti ($x = 34,9 \%$), zatímco u hráček blokař dominuje pohyb vpravo a vlevo ($x = 31,5\%$). Taky u nahrávačky je možné vidět dominanci pohybu vlevo ($x = 38,14\%$) z celkové distance pohybu. Pohybem vzad dominuje hlavně u hráček smečář a univerzál

Hráči	Vpřed		Vzad		Vlevo		Vpravo	
	Četnost (-)	Distance (m)	Četnost (-)	Distance (m)	Četnost (-)	Distance (m)	Četnost (-)	Distance (m)
B1	70	80,6	31	34,8	84	98,6	67	70,4
B2	71	93,6	22	21,5	66	81,1	72	90,2
L1	100	137,5	70	86,0	53	61,8	91	112,6
N1	78	101,3	65	71,2	127	153,2	69	75,7
S1	149	173,4	103	124,6	73	94,2	106	103,7
S2	138	179	66	88,4	102	119,7	70	83,9
U1	146	198,8	90	108,5	90	108,4	56	55,7
S-N-U-L mean	122,2	158,1	78,8	95,78	89	107,4	78,4	86,3
Blokař mean	70,5	87,1	26,5	28,2	75	89,9	69,5	80,3

Tabulka č. 6: Komparace četností a distance pohybu v jednotlivých směrech



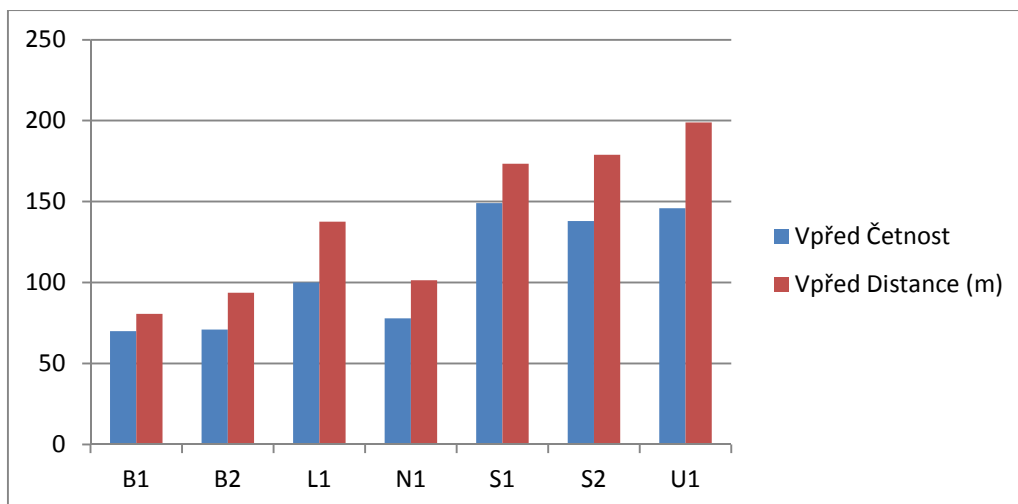
Graf č. 5: Komparace četností a distance pohybu v jednotlivých směrech



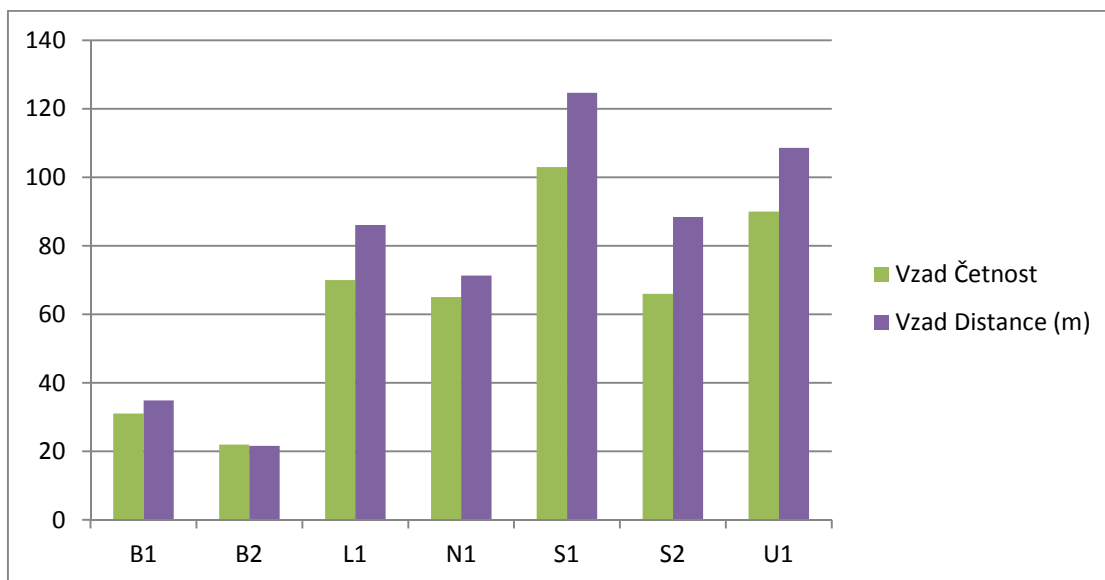
Obrázek č. 12: Grafické znázornění preferovaného umístění hráček ve volejbalovém hřišti a procentuální vyjádření četnosti úseků pohybu v směrech vpřed, vzad, vpravo, vlevo

Obrázek č. 12 nám graficky znázorňuje preferenci v postavení hráček v utkání. Hráčky smečařky 1 a 2 preferují zónu P4 s největší četností pohybu vpřed (35%, 38%). Blokařky 1 a 2 preferují zónu P3 s největší četností pohybu vpravo (28%, 31%) a vlevo (28%, 35%). Hráčka univerzální měla nejvyšší četnost pohybu směrem vpřed (42%) v zóně P2. U nahrávačky dominoval směr vpřed (25%) a vlevo (38%). Libero dosáhlo četnosti 34% ve směru vpřed a 28% vlevo.

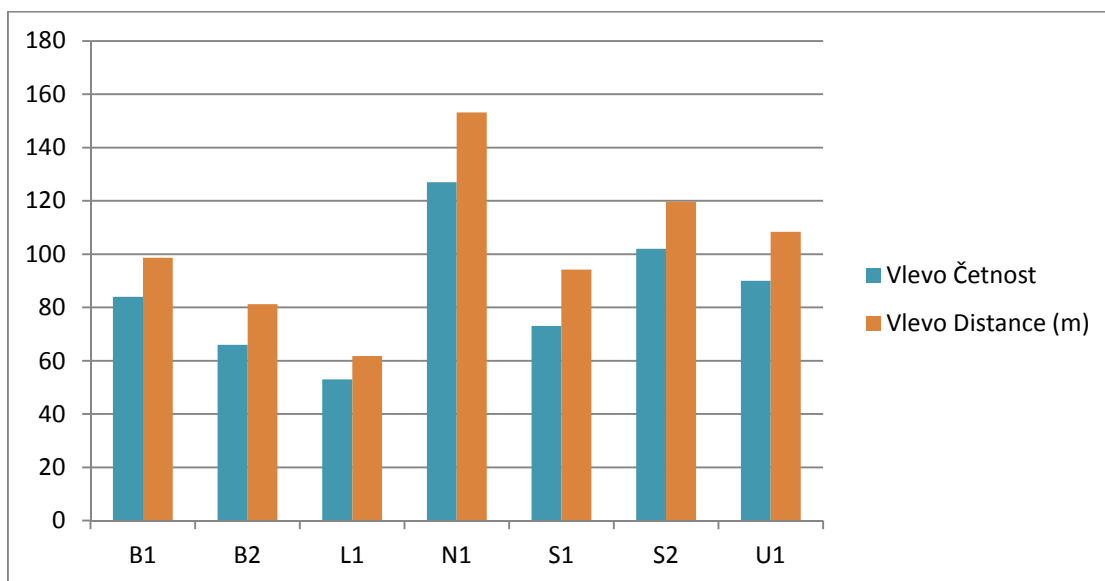
V následujících Grafech č. 6, 7, 8 a 9 můžeme vidět poměry mezi všemi četnostmi pohybů vpřed, vzad, vlevo a vpravo a jednotlivými distancemi pro dané směry. Pro většinu směrů platí, že distance je větší než četnost jednotlivých pohybů až na blokačku 2 ve směru vzad a smečárku 1 ve směru vpravo.



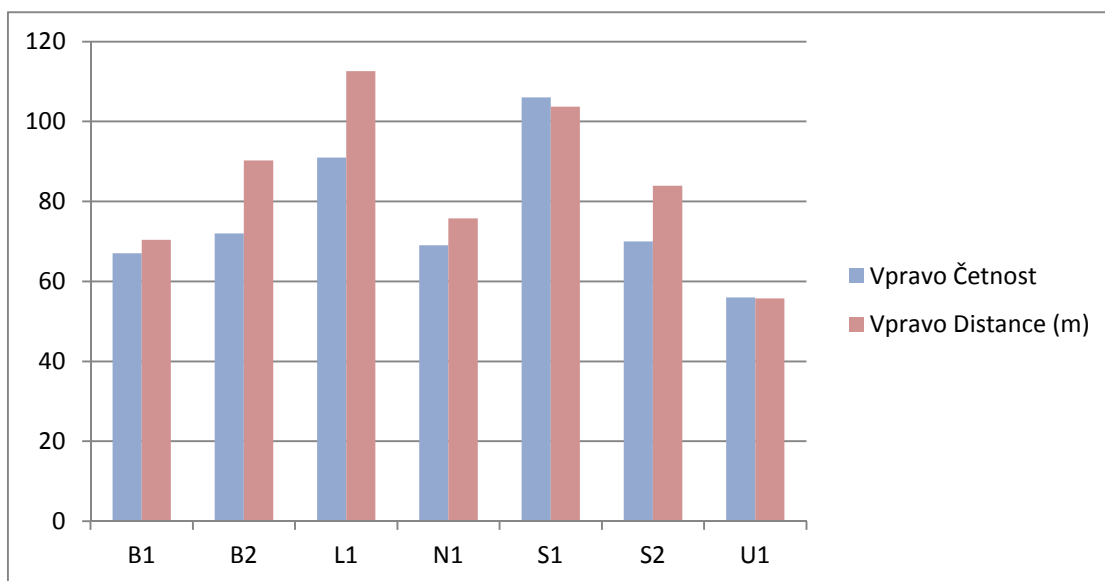
Graf č. 6: Poměr mezi četnostmi pohybu ve směru vpřed a absolutní distancí pohybu v tomto směru



Graf č. 7: Poměr mezi četnostmi pohybu ve směru vzad a absolutní distancí pohybu v tomto směru



Graf č. 8: Poměr mezi četností pohybu ve směru vlevo a absolutní distancí pohybu v tomto směru



Graf č. 9: Poměr mezi četností pohybu ve směru vpravo a absolutní distancí pohybu v tomto směru

Následující Tabulka č. 7 obsahuje sumarizaci dat o vzdálenostech pohybu volejbalových hráčků na jednotlivých herních specializacích vzhledem k jednotlivým setům. Hodnoty se vztahují k pohybu v horizontální rovině a jsou diferenciovány na absolutní distance pohybu, jejich minima, maxima, průměrné hodnoty a směrodatné odchylky. Podle dosažených výsledků, můžeme konstatovat, že se jedná o homogenní a objektivní výsledky.

	Smečář 1	Smečář 2	Univerzál	Nahravač	Libero	Blokař 1	Blokař 2
Set 1							
celkem	389,24	324,16	338,64	353,82	282,42	229,03	237,90
min	1,30	0,67	0,22	0,87	0,00	0,00	0,00
max	32,40	27,68	29,86	32,36	34,18	30,57	24,99
mean	9,49	7,91	8,26	8,63	6,89	5,59	5,80
stdev	8,23	6,82	7,50	7,36	8,38	6,71	6,40
Set 2							
celkem	498,94	474,40	465,38	486,44	426,56	285,23	274,00
min	1,44	0,74	0,90	1,62	0,00	0,00	0,00
max	28,20	34,12	26,42	29,40	29,40	24,81	20,73
mean	9,41	8,95	8,78	9,18	8,05	5,38	5,17
stdev	6,52	7,53	5,68	6,24	7,43	6,48	5,66
Set 3							
celkem	213,12	216,98	212,89	204,51	167,94	123,21	163,86
min	1,50	0,15	1,50	0,74	0,00	0,00	0,00
max	26,45	22,78	21,40	18,97	23,71	17,24	25,33
mean	7,61	7,75	7,60	7,30	6,00	4,40	5,85
stdev	5,37	5,03	4,71	4,12	5,72	5,79	6,45
Set 4							
celkem	402,70	422,03	423,52	385,99	382,59	219,10	213,84
min	1,40	0,26	1,72	1,52	0,00	0,00	0,00
max	27,97	30,14	32,50	26,70	26,10	23,99	22,67
mean	8,95	9,38	9,41	8,58	8,50	4,87	4,75
stdev	6,08	6,46	6,58	5,92	7,12	5,80	5,93

Tabulka č. 7 : Sumarizace elaborace distančních dat pro jednotlivé sety a jednotlivé hráčské specializace

ABS	smečář 1	smečář 2	univerzál	nahravač	libero	blokař 1	blokař 2
	389,24	324,16	338,64	353,82	282,42	229,03	237,9
	498,94	474,4	465,38	486,44	426,56	285,23	274
	213,12	216,98	212,89	204,51	167,94	123,21	163,86
	402,7	422,03	423,52	385,99	382,59	219,1	213,84
Suma	1504	1437,57	1440,43	1430,76	1259,51	856,57	889,6
min	213,12	216,98	212,89	204,51	167,94	123,21	163,86
max	498,94	474,4	465,38	486,44	426,56	285,23	274
mean	376	359,3925	360,1075	357,69	314,8775	214,1425	222,4
stdev	119,0691	113,5383	111,4111	116,6998	115,0392	67,25168	46,1989

Tabulka č. 8 : Komparace hodnot absolutních vzdáleností pohybu volejbalových hráček v horizontální rovině v jednotlivých setech

Tabulka č. 8 obsahuje hodnoty absolutních distancí pohybu hráček v jednotlivých setech. Absolutní hodnoty hráčů na specializaci blokařů jsou nižší, jelikož se neúčastní všech rozeher v setu. Hráčky se specializací smečářek absolvovaly celkem 1504 m pro smečářku 1 a smečářka 2 absolvovala vzdálenost 1437 m v utkání. Hráčka na specializaci univerzála absolvovala celkem 1440,43 m, nahrávačka 1430,76 m, hráčka na specializaci libera 1259,51 m. Specializace blokař 1 absolvovala vzdálenost 856,57 m a blokař 2 celkem 889,6 m. Hodnoty pro distanci pohybu variovaly od minimální vzdálenosti 123,21 m u blokařky 1 až po 498,94 m u smečářky 1. Průměrné hodnoty variovali od minima u blokařky 1 214,14 m až po maximum 376 m u smečářky 1. Vzhledem k participaci v utkání, je nutné se zmínit, že hráčky na specializaci blokařů a libera se neúčastnili všech rozeher. Tyto hodnoty je možné vidět na tabulce č. 9.

	Roze hry (n)	S-N-U t (min/%)	Blokař 1 t (min/%)	Blokař 2 t (min/%)	Libero t (min/%)
SUMA t/%	167	21,17 (100%)	12,42 (58,6%)	12,89 (60,8%)	17 (80,3)
Mean	41,75	5,29	3,11 (59,2%)	3,22 (62,3%)	4,25 (78,2 %)

Tabulka č. 9: Doba participace hráčů v jednotlivých setech; S-N-U (smečáři-nahrávač-univerzál), čas (t)

Team	Celkem		Rozehra			
	s (m)	t (min)	Minimum (m)	Maximum (m)	Mean (m)	Participoval v %/n rozehrách
Smečář 1	1503,99	21,168	1,2	28,3	9	100%
Smečář 2	1438,41	21,168	1,06	34,12	8,6	100%
Nahrávač	1430,75	21,168	0,7	32,5	8,5	100%
Univerzál	1440,42	21,168	1,2	29,8	8,6	100%
Blokař 1	854,21	12,425	1,2	24,9	8,5	60,5% (101)
Blokař 2	891,95	12,892	1	30,5	8,7	61,1% (102)
Libero	1259,5	17,016	1	34,18	9,6	78,4% (131)
SUMA	8819,23	-	-	-	-	-
Mean	1259,89	18,1	1,05	30,6	8,8	-

Tabulka č. 10: Výsledky elaborace distančních a časových dat jednotlivých hráčských specializací

Tabulka č. 10 je prezentace netto hrací doby, kdy hráčky participovaly v rozehrách. Smečářky, nahrávačka a univerzálnka (dále jen S-N-U) se nacházeli na hřišti ve všech hracích setech a po celou dobu utkání, celkem 21,17 minut. Průměrné trvání jedné rozehry činila 7,6 sekund a jednoho setu 5,29 minut. Hráčka na specializaci libero participovalo celkem v 21,6% rozehrer s časem 17 min. (80,3%) a blokařky participovali celkem v 60,5% rozehrer s časem 12,42 minutách (58,6 %) pro blokařku 1 a 12,89 (60,8%) pro blokařku 2. Tyto hodnoty ovlivňují komparaci na rovině setů, nikoli komparaci mezi výsledky z rozehrer.

MAX	smečář 1	smečář 2	univerzál	nahravač	libero	blokař 1	blokař 2
	32,4	27,68	29,86	32,36	34,18	30,57	24,99
	28,2	34,12	26,42	29,4	29,4	24,81	20,73
	26,45	22,78	21,4	18,97	23,71	17,24	25,33
	27,97	30,14	32,5	26,7	26,1	23,99	22,67
Suma	115,02	114,72	110,18	107,43	113,39	96,61	93,72
min	26,45	22,78	21,4	18,97	23,71	17,24	20,73
max	32,4	34,12	32,5	32,36	34,18	30,57	25,33
mean	28,755	28,68	27,545	26,8575	28,3475	24,1525	23,43
stdev	2,551032	4,744653	4,793673	5,743961	4,534441	5,459721	2,153385

Tabulka č 11 : Komparace hodnot maximálních vzdáleností pohybu volejbalových hráček v horizontální rovině za jednu rozehru v jednotlivých setech

Tabulka č. 11 : obsahuje evaluaci maximálních distancí pohybu v rozehrách. Hodnoty se už nevztahují na participaci a je možná komparace mezi jednotlivými specializacemi. Hráčky smečář 1 a smečář 2 dosáhly hodnot od 26,45 m na rozehru až do 34,12 m s průměrnou maximální distancí 28,8 m. Univerzálna dosáhla maximálních hodnot od 21,4 m do 32,5 m v průměru 28,7 m. Nahrávačka absolvovala celkem 18,97 m do 34,18 m s průměrnou maximální distancí 26,9 m. Libero dosáhlo variace maxima od 17,24 do 34,18 m s průměrem 28,34. Hráčky na specializaci blokařů dosáhly rozpětí maximálních distancí od 17,24 m do 30,57 m s průměrnou hodnotou 24,15 m. Směrodatná odchylka variovala od minimální hodnoty u smečářky 1 a to s hodnotou 2,55 m do hodnoty 5,74 u specializace nahrávačky. Průměrné distance hráček variovali mezi 23,43 m do 28,75 m.

MEAN	smečář 1	smečář 2	univerzál	nahravač	libero	blokař 1	blokař 2
	9,49	7,91	8,26	8,63	6,89	5,59	5,8
	9,41	8,95	8,78	9,18	8,05	5,38	5,17
	7,61	7,75	7,6	7,3	6	4,4	5,85
	8,95	9,38	9,41	8,58	8,5	4,87	4,75
Suma	35,46	33,99	34,05	33,69	29,44	20,24	21,57
min	7,61	7,75	7,6	7,3	6	4,4	4,75
max	9,49	9,38	9,41	9,18	8,5	5,59	5,85
mean	8,865	8,4975	8,5125	8,4225	7,36	5,06	5,3925
stdev	0,869847	0,793195	0,768868	0,796173	1,132284	0,533854	0,528417

Tabulka č. 12 : Komparace hodnot průměrných vzdáleností pohybu volejbalových hráček v horizontální rovině za rozehru v jednotlivých setech

Tabulka č. 12 obsahuje průměrné hodnoty distancí hráčů v jednotlivých setech utkání. Minimální průměrná distance se mezi jednotlivými specializacemi pohybovala od 4,4 m pro hráčky na specializaci blokařek až do 7,75 m pro srovnatelně ostatní hráčky (S-N-U a Libero). Maximální průměrné distance pohybu hráček se pohybovali od 5,59 m pro blokařky až do 9,49 m pro smečářku 1. Libero absolvovalo průměrně od 6 m do 8,5 m na rozehru. Hráčka na specializaci nahravač absolvovala průměrně od 7,3 m do 9,18 m. Výsledky jsou velmi homogenní a jedině blokařka 1 a blokařka 2 se lišila od ostatních specializací nižšími hodnotami průměrných distancí za rozehru. Směrodatná odchylka variovala mezi 0,52 m u blokařky 2 do hodnot 1,13 m pro libero.

6. Diskuze

Volejbal je ve své povaze velmi dynamický sport, ve kterém motorický projev hráčů kontinuálně mění svůj charakter. Vzhledem k rozloze jedné poloviny hracího pole (9 m x 9 m) a počtu hráčů v utkání (celkem 6 na jedné polovině), můžeme předpokládat, že je prostor pro vykonávání pohybu pro hráče poměrně malý. Nácviku pohybu na hřišti je potřeba věnovat velkou pozornost, jelikož se jedná o dynamické pohyby na malém prostoru. Patří k nim akcelerace u startu pohybu, následná decelerace na malém prostoru, vertikální odrazy a doskoky. Tyto pohyby mají vliv na kvalitu provedení herních činností jednotlivce v utkání, které je na elitní úrovni stále rychlejší. Rychle, včasné a přesně provedené pohyby jsou důležité zejména z taktického aspektu výkonu. Pohyb se ve hře kontinuálně mění a přizpůsobuje vývoji utkání. Řada studií potvrzuje středně vysoké až vysoké fyziologické nároky na pohyb a organismus hráčů navzdory malému prostoru. Studie González et al. (2005) měla za cíl determinovat intenzitu zatížení libera a blokařů ve volejbalovém utkání komparací srdeční frekvence a objemem laktátu v krevním řečišti mezi hráči. Analyzováno bylo celkem 30 hráčů z 10 různých družstev. V době, kdy se libero střídalo s blokařem, byl odebrán vzorek krve. Studie brala ohled na výsledek utkání. Průměrné a maximální hodnoty srdeční frekvence měly tendenci klesat v posledním setu utkání, no vyšší hodnoty byly sledovány v prohraných setech. Signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi blokařkami a liberem, ale byly ovlivněny tím, že libero strávilo mimo hrací plochu jen velmi malý čas v poměru s blokařkami a srdečná frekvence neměla dostatek času na zotavení, proto ovlivnila průměrné hodnoty. Sice je čas mimo hrací plochu na zotavení blokařek větší (2 min), blokařky dosáhly v utkání svým pohybem velmi intenzivní zatížení. Průměrná srdeční frekvence blokařek dosáhla podle González et al. (2005) $148 \pm 16,16$ tepů/minuta. Letité studie jakou je Patnat et al. (1975) zaznamenaly maximální srdeční tepovou frekvenci ve volejbale v hodnotě $183 \pm 2,4$, dále Häkkinen (1993) sledoval změny ve fyzických nárocích a evaluoval maximální tepovou frekvenci volejbalistek o hodnotě $185 \pm 9,0$ tepů/minuta a Vittasalo et al. (1987) zaznamenal hodnoty tepové frekvence $192 \pm 5,7$ tepů/minuta. Vzhledem, že se jedná o poměrně staré studie a vývojový trend moderního volejbalu do mnohem rychlejšího sportu, můžeme udržet konstatování, že fyziologické nároky volejbalových hráčů dosahují vysoké úrovně. Důvodem je právě velký počet intenzivních pohybů a

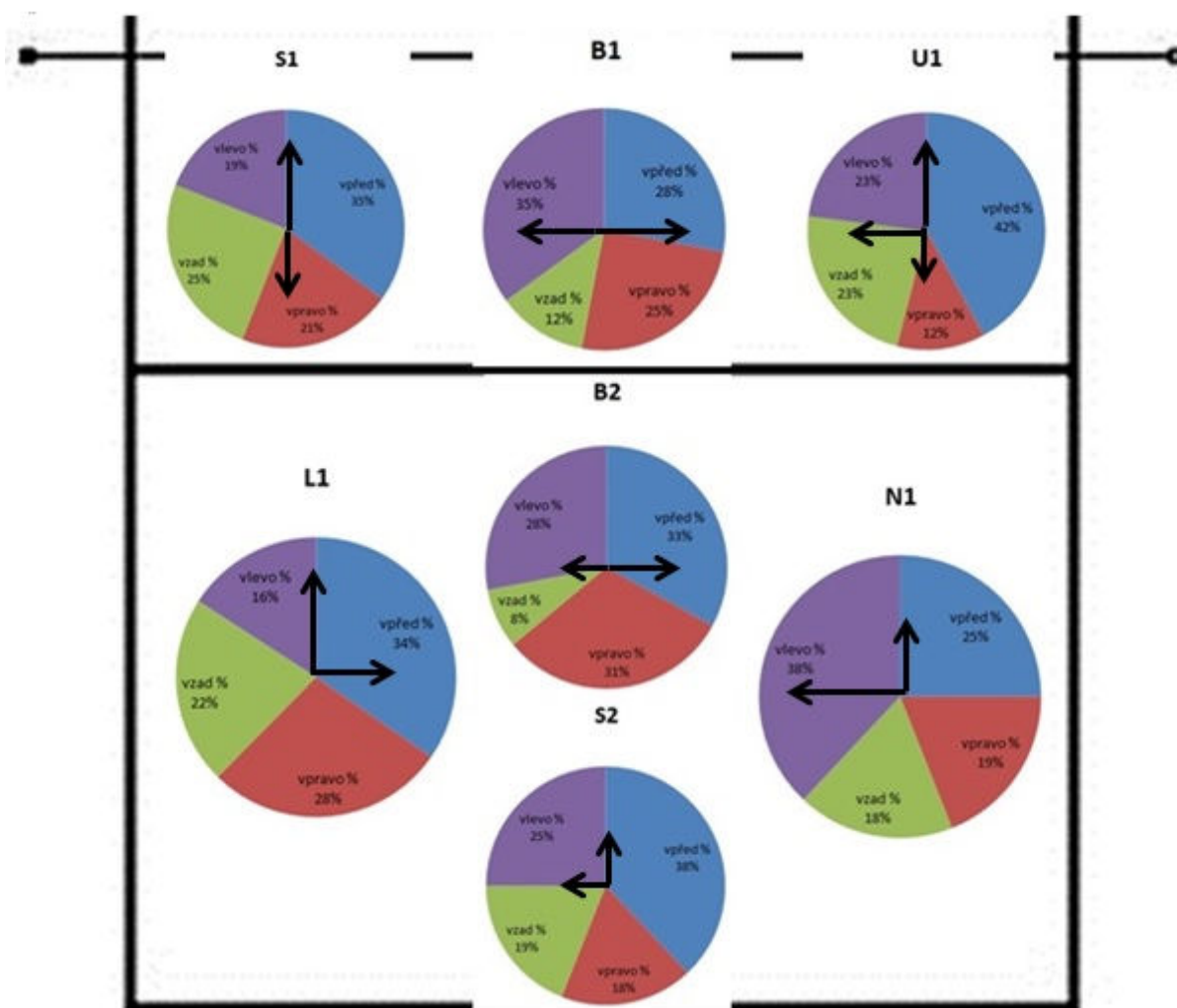
rychlost, distance a setrvání v pohybu tedy determinuje velkou část zatížení hráček. 3D kinematická analýza poskytuje přesné a objektivní výsledky pro hodnocení složek motorického projevu. Elitní hráči se pohybují sice takticky po celou dobu utkání, ale 3D kinematické analýzy těchto pohybů poskytují evidenci široké škály změn poloh těla, jako jsou změny postoje, výskoky, přemístění, obraty, kleky a pády. Studie, které se věnovali aspektem biomechaniky a kinematické analýzy pohybu měli většinou za cíl komparovat způsoby provedení jednotlivých herních činností jednotlivce. Rozdílnost mezi odrazem volejbalových hráčů na tvrdém povrchu a z písku ve studii Giatsis et al. (2007) ukázala, že maximální silový výkon byl větší na tvrdém povrchu jako na písku. Proto v závěrech doporučují, že nezávisle na preferenci povrchu pro volejbal, je pro trénink vertikálního výskoku více efektivní trénink výskoku na tvrdém povrchu. Do ohledu musíme vzít ale kvalitativní specifika pohybu. Studie Tilp et al. (2008) využila 3D kinematickou analýzu pro komparaci útočného úderu ve výskoku mezi volejbalem v hale a na písku. Upozorňuje, že rozdílnost ve výškách výskoků jsou pravděpodobně výsledkem rozdílnosti v měřících metodách, proto při porovnávání výsledku, je nutné brát ohled na metodu měření. Velká přesnost prostorové rekonstrukce v této práci dělá z 3D kinematické analýzy jednoho z nejvhodnějších kandidátů pro analýzu pohybu. Sice je větší část analyzovaných dat v této studii prováděna manuálně, studie jako Gomez et al. (2014), Rawstorn et al. (2014), Labayen et al. (2013), Ishii et al. (2007), Ohta et al. (2006) a další se snažili o vývoj plně automatizovaných systému pro záznam utkání a transformaci do 3D souřadnic. Tyto většinou pilotní studie dosáhly poměrně vysoké přesnosti v odhadu pozice míče nebo hráčů v jednotlivých úsecích utkání (od 60 % do 85 %), no pro celé utkání a analýzu herního zatížení je to nebylo dostačující a navrhuji další průzkum a zpřesnění systémů.

Výsledky této studie ale ukázaly, jak velké objemy distancí pohybu hráčky dokázaly absolvovat v jedné rozeře, setu nebo celém utkání, navzdory zdánlivě malému prostoru. Fluktuace směrů pohybů a jejich distancí byla a je determinována dobou, kterou hráčka strávila na hřišti a pozicí na hřišti ve které se primárně nacházela. Tyto umístění na hřišti determinují následné akce hráček. Hráčky v utkání průměrně absolvovali 1260 m. Minima dosáhly blokařky, které participovali jen 60,5% rozeher v utkání z důvodu střídání libera v zadní řadě a to z taktických důvodů defenzivy. González et al. (2005) taky v závěru studie konstatuje absenci blokařů v některých rozehrách jako vliv nových pravidel a střídání s liberem. Směrová

preferenci pohybu blokaček byla pravo/levá, konkrétně 59,9%. Poměr mezi 169 m vpravo/levém směru a 115,46 m v předozadním směru ukazuje na rozdílnost v specifickém motorickém projevu. Blokačka 2 analogicky navázala na blokačku 1. V pravo/levém směru absolvovala 171,4 m a předozadním směru celkem jen 115,2 m což ukazuje výraznou preferenci pohybu do stran a odpovídá její specializaci. Signifikantnost těchto rozdílů je nedostatečně evaluována, jelikož tato studie nebere ohled na výkon z hlediska úspěšnosti rozeher, navzdory tomu přináší objektivní data o objemu pohybu hráček.

U hráčky libero dominoval po součtu vzdáleností směrů sice pohyb předozadní s objemem 223,66 m, no pohyb vpřed měl distanci 137,6 m a pohyb vzad jenom 86 m. Přitom komponenta pohybu na strany činila u pohybu vpravo až 112,6 m. a vlevo jen 61,8 m. Při pohledu na dominantní směry je evidentní, že u libera je dominantní směr vpřed a vpravo. Libero je vzhledem k ostatním hráčkám výrazně pohybově vytížená specializace. Účast v rozehrách byla 78,4% (131 rozeher) ale celková distance pohybu za utkání je srovnatelná s hráčkami, které se účastnili všech rozeher. Libero dosáhlo celkem 1259 m a ostatní hráčky variovaly od 1430 m do 1503 m. Libero taky dosáhlo maximální distance v jedné rozehrě, 34,18 m s průměrnou vzdáleností pro rozeheru 9,6 m, což byl taky maximální výsledek. Co se týče směrovosti a distancí jednotlivých úseků dosáhlo libero opět homogenních výsledků navzdory více než 20% absenci v rozehrách. Součet úseků libera ve 131 rozehrách činila 398 m a variace ostatních hráček ve všech 167 rozehrách se pohybovala od 401 do 471 m. Výchozí umístění hráčky libero je převážně v zóně 5 (P5). Hráčka je nucena dostat se při útoku vlastního družstva pod útočící hráče pro vykrývání. Poměr mezi četností pohybu a distancí pohybu vpravo ukázala vyšší rozdíly, jak tomu bylo u ostatních hráček (celkem 91 pohybů vpravo se vzdáleností 112,6 m), což může naznačovat, že je v utkání nucena překonávat větší vzdálenosti s menším počtem delších kroků. Opakem byla hráčka na specializaci smečář 1, která měla nižší distanci pohybu než četnost (celkem 106 úseků s distancí 103 m), což může naznačovat, že její pohyb vpravo je prováděn malými a početnými kroky. Věnovat se blíže tímto odlišnostem je vhodné v dalších studiích a 3D kinematická analýza pohybu je vhodnou metodou. Libero se tedy často krát ocitne v situacích, které ji nutí do dlouhých přesunů a po nezdařeném útoku se opět vrátit na výchozí pozici. Výsledky ostatních hráček ukázaly také dvojí dominantu. U nahrávačky je to směr vpřed a vlevo,

což odpovídá výchozímu postavení v zadní zóně 1 (P1) nebo přední zóně 2 (P2). Po příjmu podání soupeře nebo útoku soupeře je nahrávačka nucena co nejrychleji opustit výchozí postavení a zaujmout postavení u sítě pro co nejefektivnější možnost nahrávky mezi zónou 2 a 3 a při delších rozehrách tento směr absolvovat několikrát. Pohyb ve směru vpřed byl celkem 101 m a pohyb vlevo 153 m, což bylo maximum pro distanci v tomto směru. Za utkání celkem absolvovala 1430 m a průměrnou vzdálenost 8,5 m na jednu rozehru, což je shodné s ostatními hráčkami. Hráčky na specializacích smečař a univerzál dosáhly výrazných rozdílů, kde dominoval pohyb v předo/zadní ose a distance pohybu vpřed byly jednoznačně nejvyšší (S1 = 173,4 m, S2 = 179 m, U1 = 198,9). Výrazné byly i celkové distance pohybu těchto hráček, co svědčí o vysoké intenzitě zatížení. Výsledky od 471 m do 495 m v porovnání s nahrávačkou (401 m), liberem (398 m) a blokačkami (286 m, 284 m) ukazují, že pohybové nároky pro smečařky a univerzáalky jsou v utkání na nejvyšší úrovni. Dominoval pohyb vpřed, následně pohyb vlevo, vzad a pohyb vpravo zaznamenal nejnižší výsledky. Pohyb k síti a od sítě byl pro útočné hráče signifikantní, ale pohyb vlevo může souviset s participací na blokování, vystoupením si ze hřiště pro šikmý náběh na útok, nebo přesunem v defenzivní činnosti. Poměr mezi četností a distancí u útočných hráčů, zejména u univerzáalky (146 úseků a 198,9 m) ve směru vpřed naznačoval spíše využívání dlouhých a méně početných kroků. Stejně tomu bylo i u pohybu vzad.



Obrázek č. 13: Grafické znázornění preferovaného umístění hráček ve hřišti a procentuální vyjádření četnosti úseků pohybu ve směrech vpřed, vzad, vpravo, vlevo v rozehře

Na Obrázku č. 13 můžeme vidět grafické vyznačení výsledků pro jednotlivé hráčské specializace s ohledem na preferované umístění hráček ve hřišti v utkání. Je nutné zmínit, že hráčky v utkání pravidelně po ztrátování rotují postavení ve směru hodinových ručiček a posouvají se vždy o jednu zónu doleva. Jakmile se začne rozehra, hráčky se rychle přemísťují do svých preferovaných míst. Jestli se hráčky na specializaci smečář ocitly v přední řadě, preferovaly zónu 4. Blokačky v přední řadě zajímají výchozí postavení v zóně 3, nahrávačka se v přední řadě nachází v zóně 2. S ohledem na umístění v zadní řadě, se smečářky nacházejí v zóně 6, nahrávačka v zóně 1 a univerzálnka taky v zóně 1. Z Obrázku č. 13 je přehledněji vidět u každé hráčky dva dominantní směry pohybu. Z těchto výsledků můžeme konstatovat, že jejich pohyb je determinován umístěním ve hřišti a kvantifikace těchto pohybů

poskytuje rozšíření poznatků o části úrovně zatížení motorickým projevem. Přibližuje specifitu tohoto projevu pro jednotlivé hráčské specializace.

Absolutní vzdálenosti pohybu hráček v různých setech variovali od minimální vzdálenosti 123 m pro blokačku 1 ve třetím setu až po 498 m pro smečářku 1. Tyto hodnoty jsou opět ovlivněné časem participace v rozechře, no pro hráčky, které se účastnily 100 % rozeher byly maxima absolutní distance pohybu od 465 m pro univerzátku, 474 m pro smečářku 1, 486 m pro nahrávačku a 498 m pro smečářku 1 za set. Výsledky mají malou odlišnost a ukazují na homogenní zatížení motorickým projevem hráček v utkání. Podobné hodnoty dosáhly hráčky při sumarizaci vzdáleností za celé utkání (všechny 4 sety, celkem 21,17 minut) od 1430 m u nahrávačky až po 1504 m pro smečářku 1. Blokačky mezi sebou neukázali výrazné odlišnosti. Za set absolvovali celkem 285 m u blokačky 1 a 274 m u blokačky 2 a za celé utkání to bylo 856 m a 889 m v celkem 12,8 minutách participace. Při velikosti analyzovaných dat (167 rozeher, přes 800 000 pozičních údajů) tyto výsledky můžeme brát jako objektivní a zhodnotit zatížení motorickým projevem pohybu jako součást herní specializace a nehodnotit výsledek z individuálního hlediska konkrétní hráčky. Na minimální distance pohybu nebyl v této práci brán ohled, vzhledem k velmi nízké výpovědné hodnoty. Hodnoty variovaly od 0,7 m do 1,2 m, pravděpodobně zaznamenány v rozechrácích, které obsahovaly velmi rychlou ztrátu bodu, nebo hráčka nebyla nucena vykonávat v daný moment žádné přemístění. Vysoká homogenita výsledků se projevila v hodnocení průměrných vzdáleností pohybu za jednu rozechru, od 8,5 m do 9,6 m a průměr všech hráček dosáhl 8,8 m.

7. Závěr

Tato studie byla první, která měla za cíl kvantifikovat pohyb elitních volejbalových hráček v utkání. Pomocí 3D kinematické analýzy byl vyhodnocen pohyb jako část externího zatížení hráček. Evaluovány a komparovány byly absolutní distance pohybu v horizontální rovině a směry těchto pohybů vzhledem k síti v každé rozeře. Tyto data umožnili náhled na rozdílnosti v směrech pohybů jednotlivých hráček a poměry mezi sledovanou složkou externího zatížení. Z hlediska hráčských specializací a pozic, na kterých se po dobu utkání nacházejí, můžeme konstatovat, že preferované směry pohybu je možné objektivizovat pro jednotlivé hráčské specializace. Formulace hypotézy č. 1 byla vyvozená z teoretického základu, že zatížení hráček ve formě motorického projevu se pro jednotlivé hráčské specializace v utkání liší. Očekávání teoretického základu a kvantitativního vyhodnocení se jeví jako platné, jelikož mezi hráčskými specializacemi byly objeveny rozdíly ve výsledcích ve formě preferovaných směrů a jejich distancí. Na straně druhé, hráčky dosáhly malých interindividuálních rozdílů v absolutních distancích pohybu za celé utkání nebo za jeden set. Lišily se ve směrech a objemech distance jednotlivých směrů. Předcházející tvrzení potvrzuje charakter hypotézy č. 2, která zněla, že pro jednotlivé hráčské specializace lze identifikovat dominantní preferenci směrového pohybu. Analýza výsledku ukázala, že každá hráčská specializace má jeden, nebo maximálně dva dominantní směry pohybu v utkání a to vzhledem k preferované pozici na hřišti, která je stabilní. Třetí hypotéza navrhuje 3D kinematickou analýzu pohybu jako vhodnou metodu pro objektivizaci motorického projevu. Vhodnost 3D kinematické analýzy v této studii byla potvrzena velmi vysokou přesností kalibrace prostoru a nízkou odchylkou reziduí. To umožnilo sice pracné, ale velmi přesné zpracování velkého objemu videozáznamů a přineslo objektivní výsledky.

Zjištěné data mají potenciál pro aplikaci do tréninkového procesu. Další evaluace výsledků absolutních vzdáleností pohybu ukázala malé interindividuální rozdíly mezi hráčkami. Blokačky a libero se lišili od ostatních herních specializací (smečař, univerzál, nahrávač) v čase, který strávily na hřišti. V průměrných, minimálních a maximálních distancích pohybu v jedné rozeře dosáhly homogenních výsledků. Rozdílnost v časovém objemu se stal odpovědným za výslednou velikost

celkové distanc pohybu, nikoli však herní specializace. Z těchto výsledků můžeme konstatovat, že jejich pohyb je determinován umístěním ve hřišti a kvantifikace těchto pohybů poskytuje rozšíření poznatků o části úrovně zatížení motorickým projevem. Přibližuje specifitu tohoto projevu pro jednotlivé hráčské specializace. Analyzovaný objem 167 rozeher poskytuje dostatečné množství dat pro objektivní výsledky, no pro budoucí bádání se doporučuje zpracování dalších utkání a přiřazení kritérií o úspěšnosti družstev. Výsledky diplomové práce ukázaly vysoký stupeň homogenity v externím zatížení hráček a přinesly objektivní hodnoty pro komparaci mezi jednotlivými hráčskými specializacemi. Právě komparace zatížení hráček vzhledem k vývoji utkání je velmi zajímavým indikátorem, jak tomu bylo například v studii González et al. (2005) a přináší pozitivní přínos využití v hráčsky specializovaném tréninkovém procesu.

8. Reference

- AN-CONG, W. A. N. G., & DONG-JIAN, H. E. (2009). Volleyball Trajectory Tracking Method Based on Game Rule. *Computer Engineering*, 18, 077
- BISELING, R. W., HOF, A. L., BREDEWEG, S. W., ZWERVER, J., & MULDER, T. (2007). Relationship between landing strategy and patellar tendinopathy in volleyball. *British journal of sports medicine*, 41(7), e8-e8.
- BLOOMFIELD, J., POLMAN, R., & O'DONOGHUE, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(1), 63-70.
- BOYD, L. J., BALL, K., & AUGHEY, R. J. (2013). Quantifying external load in Australian football matches and training using accelerometers. *International journal of sports physiology and performance*, 8(1), 44-51
- BUNC, V. (1990). *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení* (Vol. 1.). Praha: Univerzita Karlova.
- CARLING, C., BLOOMFIELD, J., NELSEN, L., & REILLY, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer. *Sports Medicine*, 38(10), 839-862.
- CONLEY, D. L., & KRAHENBUHL, G. S. (1979). Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 12(5), 357-360.
- DEARDEN, A., DEMIRIS, Y., & GRAU, O. (2006). *Tracking football player movement from a single moving camera using particle filters*. Paper presented at the Proceedings of the 3rd European Conference on Visual Media Production (CVMP-2006)
- DISMAN, M. (2011). *Jak se vyrábí sociologická znalost*. Karolinum Press.
- EJEM, M. (2008). Diagnostika tréninkového zatížení. *Volejbal 2. Učební texty pro školení trenérů*, 233-254.
- ERČULJ, F., DEŽMAN, B., VUČKOVIČ, 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. *Physical Education and Sport*, 6(1), 75-84.
- ERICSSON, K. A., KRAMPE, R. T., & TESCH-RÖMER, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological review*, 100(3), 363.

- FIGUEROA, P. J., LEITE, N. J., & BARROS, R. M. L. (2006). Tracking soccer players aiming their kinematical motion analysis. *Computer Vision and Image Understanding*, 101(2), 122-135.
- GIATSI, 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.
- GIATSI, G., TILI, M., & ZETOU, E. (2011). The height of the women's winners FIVB Beach Volleyball in relation to specialization and court dimensions
- GOMEZ, G., LÓPEZ, P. H., LINK, D., & ESKOFIER, B. (2014). Tracking of Ball and Players in Beach Volleyball Videos. *PloS one*, 9(11), e111730.
- González, C., Ureña Espa, A., Llop, F., Garcia, J. M., Martin, A., & Navarro, F. (2005). Physiological characteristics of libero and central volleyball players.
- HANÍK, Z., NĚMEC, M., TLSTOVIČOVÁ, Z., & NOVÁK, A. (2008). *Volejbal viděno třemi* (Vol. 1.). Praha: Grada Publishing, a.s.
- HÄKKINEN K. (1993) Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season. *J.Sports Med.Phys.Fitn.* 33:223-232
- HSU, C. C., CHEN, H. T., CHOU, C. L., HO, C. P., & LEE, S. Y. (2014, November). Trajectory Based Jump Pattern Recognition in Broadcast Volleyball Videos. In *Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia* (pp. 1117-1120). ACM.
- CHE, Y. L., & LU, Z. J. (2014, July). The Key Technology Research of Kinect Application in Sport Training. In *Advanced Materials Research* (Vol. 945, pp. 1890-1893)
- 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.
- CHEN, P., HUANG, C. F., & SHIH, S. M. (2011). Differences in 3D kinematics between genders during volleyball spike. In *Proceedings of the Congress of the International Society of Biomechanics*
- ISHII, N., KITAHARA, I., KAMEDA, Y., & OHTA, Y. (2007). 3D tracking of a soccer ball using two synchronized cameras. In *Advances in Multimedia Information Processing-PCM 2007* (pp. 196-205). Springer Berlin Heidelberg.
- JANURA, M., & ZAHÁLKA, F. (2004). *Kinematická analýza pohybu člověka* (Vol. 1.). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

- JUG, M., PERŠ, J., DEŽMAN, B., & KOVAČIČ, S. (2003). *Trajectory based assessment of coordinated human activity*: Springer.
- KAPIDZIC, A., HUREMOVIC, T., BIBEROVIC, A., MEHINOVIC, J., SELIMOVIC, A., & SMAJIC, M. (2014). Kinematic Analysis Forearm Passing in Volleyball at Different Distances. *Journal of Education and Practice*, 5(10), 75-84.
- LABAYEN, M., OLAIZOLA, I. G., AGINAKO, N., & FLOREZ, J. (2014). Accurate ball trajectory tracking and 3D visualization for computer-assisted sports broadcast. *Multimedia Tools and Applications*, 73(3), 1819-1842
- LEHNERT, M., STEJSKAL, P., HÁP, P., & VAVÁK, M. (2009). Load intensity in volleyball game like drills. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 38(1), 53-58.
- MCGOWN, C., FRONSKE, H., & MOSER, L. (2001). *Coaching volleyball: building a winning team*. Needham Heights: Allyn and Bacon.
- MCINNES, S. E., CARLSON, J. S., JONES, C. J., & MCKENNA, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13(5), 387-397.
- MESQUITA, I., MANSO, F. D., & PALAO, J. M. (2007). Defensive participation and efficacy of the libero in volleyball. *Journal of Human Movement Studies*, (52), 95-108.
- OHTA, Y., KITAHARA, I., KAMEDA, Y., ISHIKAWA, H., & KOYAMA, T. (2007). Live 3D video in soccer stadium. *International Journal of Computer Vision*, 75(1), 173-187.
- PARNAT J., A.VIRU, T.SAVI, A.NURMEKIVI (1975) Indices of aerobic work capacity and cardio-vascular response during exercise in athletes specializing in different events. *J.Sports Med.Phys.Fitn.* 15:100-105
- 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.
- PERŠE, M., KRISTAN, M., KOVAČIČ, S., VUČKOVIČ, G., & PERŠ, J. (2008). A trajectory-based analysis of coordinated team activity in a basketball game. *Computer Vision and Image Understanding*, 113(5), 612-621.
- 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.

- 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.
- STURM, F., MCGOWN, C., & EMERITUS. (2012). Basic concepts of long term talent development. from <http://www.fivb.org/>.
- TAN, M. J., OMAR, A. H., & HAMID, D. T. A. (2014). 3d immersive environment as a psychological training tool to enhance self-confidence and induced anxiety for volleyball athletes. *MoHE 2014*.
- TILP, M., WAGNER, H., & MÜLLER, E. (2008). Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Sports Biomechanics*, 7(3), 386-397.
- VICKERY, W. M., DASCOMBE, B. J., BAKER, J. D., HIGHAM, D. G., SPRATFORD, W. A., & DUFFIELD, R. (2014). Accuracy and reliability of GPS devices for measurement of sports-specific movement patterns related to cricket, tennis, and field-based team sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1697-1705.
- VITTASALO J.T., H.RUSKO, O.PAJALA, P.RAHKILA, M.AHILA, H.MONTONEN (1987) Endurance requirements in volleyball. *Can.J.Appl.Sports Sci.* 12:194-201
- VUČKOVIČ, G., & DEŽMAN, B. (2001). Results of tracking a referee's movements during a basketball match with computer sight. *Sport kinetics*, 274- 277.
- 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.
- WEI-PING, M. A. (2009). Volleyball Competition's Time Characteristics and Analysis of Its Energy Metabolism [J]. *Journal of Gansu Lianhe University (Natural Science Edition)*, 1, 028.
- WINTER, D. (1979). A new definition of mechanical work done in human movement. *Journal of Applied Physiology*, 46(1), 79-83.
- YELVERTON, J. (2014). Normative profiles for serve speed for the training of the serve and reception in volleyball. *The Sport Journal*.