

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Analýza pohybu hráčů ve volejbalovém utkání

Vedoucí práce

doc. Ing. František Zahálka, Ph.D.

Konzultant práce

PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.

Zpracoval

Mikuláš Hank

Praha 2013

Abstrakt

Cíl této práce byl zaměřený na kvantitativní evaluaci distance pohybu po hřišti u hráčů ženského vrcholového volejbalu v utkání a komparaci vybraných hodnot mezi hráči. V studii byla pro evaluaci využita 3D Kinematická analýza pohybu. Sledovanou homogenní skupinu tvořili vrcholový hráči volejbalu ženské kategorie na úrovni Ligy Mistrů (n=14; věk=25±6 roku; výška= 182,3±6,2 cm; hmotnost=72,1±5,8 kg). Zpracovány byly čtyři sety, celkem 167 rozeher. Průměrná distance pohybu jednoho hráče po dobu 167 rozeher byla 1259,89 m, v přepočtu na jednu rozeheru tato hodnota činila 8,8 m. Průměrná distance pohybu libera v jedné rozehrě byla větší než u ostatních hráčů (9,6 m). Výsledky ukázaly signifikantní rozdíly v absolutní vzdálenosti mezi hráči za utkání a rozdíl v objemu herního času hráčů.

Název práce: Analýza pohybu hráčů ve volejbalovém utkání

Cíle práce:

- A) Kvantifikovat pohyb hráčů z hlediska hráčských pozic na hřišti ve volejbalovém utkání.
- B) Determinovat pohyb hráčů z časoprostorového hlediska vzhledem k úrovni externího zatížení
- C) Porovnat úroveň externího zatížení hráče na pozici libera v utkáních kvantifikované objemem absolvované absolutní vzdálenosti v jednotlivých rozehrách i vzhledem k ostatním hráčským funkcím

Metoda:

Pro analýzu pohybu byla zvolena metoda kinematické 3D video analýzy. Volejbalové utkání bylo snímáno celkem ze čtyř úhlů. Videozáznam byl zpracován pomocí softwaru (Virtual Dub, Premiere Adobe). V rozehrách byly označeny hráči na jednotném bodě (hlava) pomocí softwaru Tema Biomechanics v2.3. Vybraná data byla vložena do statistických přehledných tabulek v programech Microsoft Excel 2010 a vyhodnoceny.

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

Abstract

The aim of this study was focused on the quantitative evaluation of movement distance of elite female volleyball players in match, and the comparison between the values of selected players. For the evaluation in the study was used 3D kinematic motion analysis. The observed homogeneous group consisted of elite female volleyball players at CEV Champions League match (n = 14, age = 25 ± 6 years, height = 182.3 ± 6.2 cm, weight = 72.1 ± 5.8 kg). Overall were processed four sets, a total of 167 rallies. The average movement distance of one player evaluated from 167 rallies was 1259.89 meters, the equivalent of one rally was 8.8 m. The average movement distance of Libero in one rally was bigger than the other players' (9.6 m). Results of this study has shown an interindividual differences in final volume of movement distance between group of players that was participating in every rally (spikers, setter, opposite player) and players that were not participating in every rally (libero, blockers). Comparison of average movement distance of players in one rally has shown no significant difference.

Title: Analysis of player's movement during the volleyball match

Goals:

- A) To quantify the movement of players in terms of player positions on the field in the volleyball match.
- B) The determination of player movement in terms of space-time due to the level of external load
- C) Compare the level of external load on the Libero in the volume of completed matches, quantified with absolute distance in each rally in relation to other gaming features

Method:

For motion analysis was used 3D kinematic video analysis. Volleyball game was video recorded from four angles. The video was processed using the software (Virtual Dub, Adobe Premiere). In rallies were identified players on a single point (head) using the software Tema Biomechanics v2.3. The selected data were loaded into statistical tables arranged in programs Microsoft Excel 2010 and evaluated.

Key words: external load, volleyball, kinematic analysis, motion

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou 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

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Františkovi Zahálkovi, Ph.D. za přínosnou odbornou a metodickou pomoc nejen v době zpracování této studie, ale také během celého studia. Chtěl bych poděkovat taky PaedDr. Tomášovi Malému, Ph.D. za poskytnutí cenných odborných rad.

Svoluji k zapůjčení své diplomové práce ke studijním účelům.

Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří musejí pramen převzaté literatury řádně citovat.

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

OBSAH

2. Teoretické východiska	10
2.1. Stav současného poznání	10
2.2. Obecná charakteristika pohybu.....	14
2.2.1. Externí zatížení a interní zatížení.....	15
2.3. Specifická charakteristika pohybu	16
2.4. Charakteristika a struktura herních postů	17
2.4.1. Smečář	17
2.4.2. Blokař.....	17
2.4.3. Nahrávač	17
2.4.4. Univerzál.....	18
2.4.5. Libero.....	18
3. Cíl práce.....	19
3.1. Výzkumná otázka	19
3.2. Cíle práce	19
3.3. Hypotéza	19
3.4. Úkoly	19
4. Výzkumné metody	20
4.1. Použité metody	20
5. Výsledky	24
6. Diskuse.....	29
7. Závěr	31
8. Rozsah platnosti.....	32
8.1. Vymezení	32
8.2. Omezení	32
9. Reference	33

1. Úvod

Chování lidského organismu, dále jen systému, je determinováno zákonitostmi, kterými se organismus řídí. Zákonitosti okolí, působí na systém podněty, vstupními signály (vstupy systému). Opakem je odpověď organismu, kde systém působí na okolí reakcí (výstupy systému), (Bunc, 1990). Jednou z možností, jak pozorovat a popsat vstupy systému, působící na systém je video-analýza, kde pozorujeme vnější podmínky. Nosním tématem této práce je poukázat na jeden z hlavních problémů evaluace herního zatížení ve sportu, a to ne v tréninkových podmínkách, ale soutěžních, konkrétně v elitním sportovním utkání. Téma jako je záznam pohybu a jeho principiální zkoumání, zákonitosti a odezvy na organismu a vliv na jeho okolí zdaleka nepatří jenom do dnes prezentované moderní vědy, od počátků fotogrammetrie (postupy, které k výzkumu využívají kamerový záznam). Prvotní pokusy o konstrukci kamerových zařízení, jakým je například zoopraxiskop zkonstruován E. Muybridgem, který zachycený obraz fázoval na jednotlivé za sebou znázorněné snímky, a tím vytvářel viditelnou ukázkou jednotlivých fází pohybu. No historie sahá do ještě dávnějších dob, sledováním a záznamem pohybu a reálného tvaru objektů, lidí nebo zvířat, lidi fascinovalo a věnuje se mu již tisíce let. Jeskynní malby v Rusku, Francii a mnoho dalších jsou tomu příkladem a podnětem pro další generace v pokračování a progresu v analýze kvalitativních dovedností a poskytnutí kvantitativních údajů (Janura, Zahálka, 2004).

Kinematická analýza pohybu se stala pomocným postupem v kvalitativním a kvantitativním porozumění v kvantu sportovních odvětví. Prostřednictvím pohybové činnosti je realizován tělesný výkon člověka a je determinován procesy, kterými se řídí lidský organismus. Pod pojmem organismus, rozumíme živý systém jako celek, který je závislý na působení interních a externích podmínek v okolí. Působením těchto vlivů, se organismus jako celek mění (Bunc, 1990). Analyzovat interní a externí podmínky, techniku provedení (kvalitativní diagnostiku pohybu), hraje velkou roli v pochopení fyzické práce vykonané během specifického pohybu. Velmi důležitá je specifická pohybu, která může mít rozdílný způsob provedení v laboratoři a terénu.

Energetická náročnost pohybu je ovlivněná podněty působícími v daný moment na organismus člověka. Dříve zmíněno, podněty které ovlivňují reakci organismu (například pohyb) a energetický výdej, určují celkové tělesné zatížení. Působí v prostředí vnitřním (interním) a vnějším (externím). Jedním, z dneška lehce dostupných metod k hodnocení velikosti interního zatížení je monitorování srdeční frekvence v době výkonu. V laboratorních podmínkách také záznam plicní ventilace, nebo množství krevního laktátu. Při snaze vymezit množství a ne princip, se tato analýza stává taky kvantitativní. Pro diagnostiku externího zatížení se nám nabízí jako lehce dostupná metoda kvantifikace času, ve kterém je jedinec vystaven zátěži, také typem činností, které jsou vykonávány. Dynamické sporty jako je volejbal, basketbal, hokej, fotbal atd., mají každé své specifikum. Na hráče jsou kladeny rozličné dovednostní úkoly, časová náročnost a potřebná vzdálenost, kterou jsou nuceni překonávat v různých rychlostech.

Zaměřenost této práce se podrobně věnuje pohybu ve volejbalovém utkání nejvyšší světové úrovně, ne tréninku. Konkrétně kvantitativní kinematické videoanalýze pohybu volejbalových hráčů v utkání. Do práce byl vyjmut jeden z pěti volejbalových postů a popsán touto problematikou podrobněji. Kinematická analýza pohybu volejbalových hráčů v utkání je pro vědecké okruhy sportu zcela novým přínosem, jelikož v dosavadní době nebyla podrobně zkoumána. V praxi se můžeme setkat s otázkami: „Jaká je absolutní distance pohybu volejbalových hráčů v utkání? V jednom setu? V jedné rozeře?“ Volejbal je týmová míčová hra, kde explozivní síla, rychlost a koordinace zastávají hlavní role. Pravidlem jasně vymezeny kritéria hry, kde se hráči veškerým úsilím snaží předejít doteku míče na své hrací ploše o rozměrech 9x9 m a naopak technickou a taktickou hrou se pokouší, aby míč padl do pole soupeře. Nemožnost míč chytit a držet, ale nutnost odehrát balón odbitím dělá hru velmi dynamickou, která vyžaduje koordinovaně přesné pohyby. Elitní úroveň vyžaduje velmi precizní znalost techniky a schopnost ji zapojit do neustále se měnících podmínek utkání. Zautomatizované procesy mají zákonitě rychlejší odpověď na podnět z vnějšího prostředí, jako kontrolované procesy, umožňují hráči rychlou a přesnou odpověď (Haník et. al, 2008). Dynamičnost hry na vrcholové úrovni se tak dostává doslova na stupeň automatické hry, při které by měli být hráči uvolněni a schopni pozornosti pro správné, rychlé a přesné řešení úkolů ve hře.

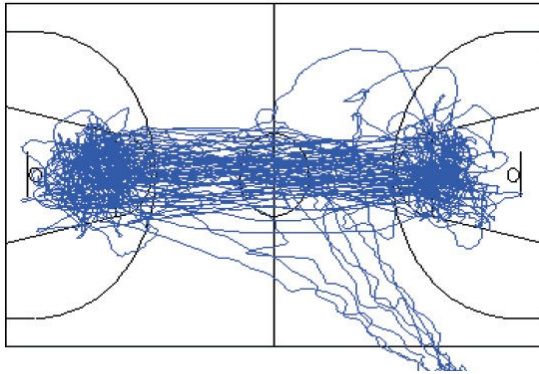
2. Teoretické východiska

2.1. Stav současného poznání

Jelikož jsou v první části charakterizované jednotlivé hráčské posty, byla použita jak česká literatura a učebnice volejbalu, tak i zahraniční literatura zabývající se trénováním volejbalu. Najít literaturu a vůbec odborné zdroje, ze kterých je možné čerpat informace o pohybu volejbalistů na hřišti je velice obtížné a takových zdrojů je poměrně málo. Jedním z autorů, který se v České Republice zabývá volejbalem na autorské pozici, je Zdeněk Haník a na půdě univerzity UK FTVS je to Buchtel, J. Byli využity jak poznatky z biomechaniky, sportovní motoriky a fyziky. Kvalitně zpracovaná kniha s názvem *Volejbal, viděno třemi* (Haník, 2008) byla zdrojem pro teoretickou část práce. Další volejbalová publikace je zahraničního původu, konkrétně z USA, s názvem *Coaching Volleyball* (McGown, 2001). Ta má v nabídce opět jiný náhled na trénink a pojetí volejbalu. Podle tohoto typu trénování se sport, volejbal ve spojených státech dostal na úroveň, která vedla k vítězství na OH 2008, v Pekingu. Další literatura pojednávající se hodnocením zatížení organismu je *Biokybernetický přístup k hodnocení reakce organismu na tělesné zatížení* (Bunc, 1990). Teorií a transferem do praxe se zabývá podrobněji publikace *Kinematická analýza pohybu člověka* (Janura & Zahálka, 2004). Další prameny tvoří domácí a zahraniční vědecké články.

Kvantitativní analýza pohybu z hlediska určení externího zatížení není v oblasti sportu novinkou. Stopováním hráčů na herní ploše v různých sportech (házená, basketbal, fotbal, ragby) se věnovala řada studií (Vučković & 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). Studie specificky zaměřené na stopování hráčů a objektů na hrací ploše využívali různé způsoby. Vučković & Dežman (2001) ve své studii využili kinematickou analýzu pohybu rozhodčího v basketbalovém zápase. Ten byl nahrán pomocí statické videokamery umístěné na stropě nad hrací plochou. Nahrávka byla zdigitalizována a analyzována pomocí vlastně patentovaného softwaru (SAGIT systém).

Výsledky celkové dráhy pohybu rozhodčího byly následně rozřazeny podle rychlosti pohybu. Cílem práce bylo určit externí zatížení rozhodčího, v rámci vzdálenosti a trváním pohybu ve čtyřech rychlostních stupních. Basketbalový rozhodčí ujel chůzí a během vzdálenost 3225,6 m za 34,9 min. Jen 13,6 % času



Obrázek č. 1, Výsledek 2D analýzy pohybu basketbalových hráčů (Perše et al., 2008)

strávil rychlým a velmi rychlým během (Vučković, Dežman, 2001). Studie se vztahuje jenom na pozorování jednoho probanda. Což snižuje reliabilitu. Další studie popsaná Perš et al. (2002) se věnuje analýze pohybu hráčů házené. Studie zdůrazňuje důležitost a potřebu taktické analýzy a informací o

pohybu hráčů. Metody studie byly velmi blízké naší práci. Umístění videokamer, kalibrace, digitalizace, zpracování video-záznamu, zpracování výsledných dat. Obraz byl snímkován 25 snímky/s. Stopování hráčů bylo provedeno pomocí vlastního automatického softwaru (SAGIT), ve kterém byla využité z části automatické a z části manuální stopování. Výsledky studie ukázali, že hráči pokryli v průměru 4800 m. Variace pro různé hráče činila od -7% do +6% vzdálenosti. 7% hracího času setrvali hráči ve sprintu, 25 % v rychlém běhu, 31 % pomalém běhu a 37% chůzí a stáním (Perš et al., 2002). Basketbalem a analýzou pohybu se věnoval ve své studii také Perše et al. (2008), kde pomocí 2D analýzy popsali komplexní pohybové chování hráčů v utkání, herní taktiku. Trajektorie hráčů byla určena pomocí analýzy pohybu hlavy, stejně, jako v naší studii. Jelikož práce obsahuje 2D analýzu, trajektorie a vzdálenosti jsou popsány jenom v XZ ose. Utkání rozdělili na tři segmenty (obranu, útok, oddechový čas), pak provedli detailní analýzu pohybu u každého segmentu. Celá studie obsahovala dvě nahrávky. První bylo utkání národní nejvyšší úrovně a druhá nahrávka obsahovala sérii útočných kombinací pod dohledem trenéra (Perše et al., 2008). Další studií, která využívá měřicí systém SAGIT, vznikla na univerzitě v Ljublaně. Cílem práce bylo stanovit vzdálenost a průměrné rychlosti basketbalových hráčů v utkání slovinské basketbalové play-off. Bylo stanoveno, že za 40 minut aktivní fáze hráči průměrně pokryli vzdálenost 4404 m, v pasivní fázi dalších 1831 m. Průměrná rychlost byla 1,86 m/s.

Nebyly zjištěny žádné signifikantní interindividuální rozdíly. Basketbalové utkání obsahuje v průměru 90 útoků jednoho družstva. Studie ukazuje, že se zvyšováním rychlosti protiútoků, se výrazně zrychluje i defenzivní činnost hráčů, což klade větší nároky na fyzické schopnosti hráčů. Pokryta vzdálenost a intenzita hry během utkání by měla výrazně ovlivnit trénink (Erčujl et al., 2008). Opět tahle studie obsahuje taktickou analýzu pohybu jenom v horizontální, XZ ose. Volejbalové utkání vyžaduje početné změny polohy těžiště nejen v horizontální ploše (XZ ose) ale také vertikální (XY ose), jelikož jsou hráči nuceny maximálně využívat vertikální výskok a snižovat těžiště při pádech. Odlišný způsob stopování hráčů využil ve své studii Dearden et al. (2006), kde se věnuje problematice stopování s využitím jenom jedné pohyblivé videokamery. Systém stopování využívá vytvoření filtrů, které jsou schopni detekovat hráče na základě jeho vstupních dat. Velmi podobný způsob, s využitím segmentů obrazu a více kamer. Pozice hráče je evaluována pomocí grafů, které reprezentují jednotlivé hráče. Jejich intenzita na obraze se tak transformuje na graf, který je dále vyhodnocen. 78,5% snímků (3531) bylo stopováno automaticky, 6% manuálně. Analyzováno bylo celkem 11 hráčů. Průměrná vzdálenost, kterou hráči pokryli v poločase, byla 5 km (Figueroa, Leite & Barros, 2005). Práce, která se detailněji zabývá externím zatížením a důležitostí jeho evaluace pochází od skupiny Carling et al. (2008). Pomocí analýzy pohybu, se snažili poukázat důležitost sběru těchto informací o fyzických nárocích na hráče během utkání. Stopování hráčů je do dnešní doby, ještě stále technicky náročné a pro praktické využití je zpomalené, jelikož se odehrává na bázi výzkumných projektů a ne plně automatizovaných systému. Carling et al. (2008) se tyto technické nedostatky snaží ve své studii odstranit, sběrem dostupných materiálů a analýzou stopovacích systémů ve fotbale. Další studie o fyzické náročnosti rozdělené podle hráčské pozice v FA Premier League je od skupiny autorů Bloomfield, Polman & O`Donoghue (2007). Hráči byli rozřazeni do tří skupin (obránce, středopolař, útočník). Časo-prostorovou video-analýzou bylo pozorováno celkem 55 hráčů. $40,6\% \pm 10,0\%$ času setrvali hráči v aktivním pohybu. $48,7 \pm 9,2 \%$ setrvali v pohybu dopředu, $20,6 \pm 6,8 \%$ pohybem do žádného směru, zbytek času pohybe, vzad, laterálně, diagonálně. Celkem 726 ± 203 otoček v utkání, z toho 609 ± 193 bylo od 0° do 90° na pravou nebo levou stranu. Studie ukázala fakt, že méně než polovina aktivního pohybu je vykonaná v přímém směru.

Hráči jsou nuceni ve hře vykonávat pohyb vysoký intenzity v různých směrech a s početnými otočkami. Se specifickým rozdělením výsledků podle hráčské pozice, můžou hráči těžit a konstruovat tak více specificky kondiční programy.

Kvalitativní analýzy specifické pro volejbal byly v dosavadní době zkoumány hlavně z hlediska komplexních pohybů, především v laboratorních podmínkách, kde se sledovala kinematika smečářských nebo blokařských pohybů. Jednou z nich je práce Tilp, Wagner & Müller (2008), kde se pomocí 3D kinematické analýzy velice detailně snažili porovnat a stanovit hlavní rozdíly mezi smečářským náběhem v halovém a plážovém volejbale. V studii byl použit záznamový systém Vicon Peak s osmi videokamerami se snímkováním 250 snímků za vteřinu, které počítali s pozicí 38 pasivními značkami na těle v prostoru. Kinematická analýza poskytla informace jak o rozdílu ve výšce výskoku, tak i v rozdílech v úhlech a poloze končetin v různých fázích smečářského rozběhu. Studie jako tahle a mnoho dalších je velkým přínosem kvantitativních informací o kvalitativní problematice. Na studii, kde cíl představoval porovnání rozdílů pohybů smečářského rozběhu mezi ženy a muži byla použita také 3D kinematická analýza. Této kvalitativní analýze se věnovala skupina Po-Chien Chen, Chen-Fu Huang & Szu-Ming Shin (2011). Kromě rozdílů v úhlech kloubních spojení dolních končetin a studie ukázala, že rychlost těžiště těla u žen dosahuje menší rychlosti než u mužů, celkem $2,69 \text{ m/s} \pm 61$ v z-ové osy a $0,88 \text{ m/s} \pm 18$ v y-ové osy. Podobně zaměřené studie na identifikaci rozdílů jak pohybů v různých podmínkách, mezi pohlavími a sporty celkově jsou důležitými poznatky pro následovně aplikovaným tréninkem. Kvantitativní analýzou, deskripcí intenzity a objemu pohybu ve volejbalu, se ve své publikaci věnuje Buchtel (2008). Cílem publikace je rešerše a interpretace možností diagnostiky externího a interního zatížení ve volejbalovém utkání. V specifické části pojednává o problematice určit vzdálenost pohybu hráčů. Buchtel (2008) upozorňuje, že nejčastější způsob evaluace distančních informací je získáván pouze odhadem. Počítáním úseků a roztríděním do kategorií např. méně než 3m, 5m a více než 5 m. Data získané touto formou jsou přínosem pro diagnostiku externího zatížení, ale jsou pouze orientační. Výsledky této práce mohou sloužit k rozšíření exaktnějších vědomostí o absolvované distanci a proto přínosem do vědeckých kruhů, zabývajících se nejen volejbalem.

2.2. Obecná charakteristika pohybu

Výkonnost lidského pohybu je v dnešní době lépe a snadněji definovatelná, jak tomu bylo například v roce 1979. D.A. Winter svojí studií, z tohoto roku, poukázal na diferenciaci vnější v vnitřní vykonané práce a důležitost těchto dvou faktorů při určování efektivity lidského pohybu. Přesně definovat výkon lidského pohybu z hlediska vnitřní práce (J/kg.m) bylo často krát nemožné u aktivit jako je běh, skok anebo samotná chůze. Hlavním důvodem nepřesnosti velikosti zatížení, bylo brání v úvahu jenom vnější práci vykonanou cvičencem na vnější zátěž (Winter, 1979). Neméně podstatným faktorem hrajícím důležitý úkol, je korelace mezi laboratorními a terénními výsledky (McInnes, 1995). Jelikož právě v terénu se hráči dostanou do kontaktu s nepředvídatelnými vnějšími vlivy a jsou na ně nuceny odpovědět vnitřní prací. Objem celkové práce, tedy musí zahrnovat taky vykonanou práci vnitřní, tedy práci samotných tělesných segmentů. Jde o práci svalstva a veškerou změnou energií mezi různými částmi těla (Winter, 1979). Volejbal je velice dynamický sport, kde je rychlost reakce na momentální změnu herní situace s kvalitou technický stránky velice důležitá pro výkon. Analyzováním energetiky metabolismu volejbalových hráčů po dobu herního času, se věnoval čínský vědec Wei-ping. Ve své práci z roku 2009 přibližuje pohled na volejbalové zatížení a věnuje se způsobu, jak ho měřit. Nakolik je volejbal, jako kolektivní sport, charakterizován svojí velkou technickou náročností, ve volejbalovém utkání jde o druh intermitentního typu pohybu střední a krátko-dobé velké zátěže (Wei-ping, 2009). V studii byli porovnávány druhy hrazení energie po dobu herního zatížení. V déle trvajících rozehrách v situacích vysoké intenzity se na hrazení energie pro metabolismus účastnila také kyselina mléčná, v kratších rozehrách nebo situacích nižší intenzity byla energetika metabolismu hrazena oxidativní fosforylací. To částečně pomohlo také k rychlosti resyntézy z předchozí intenzivní zátěže (Wei-ping, 2009). Obdobná studie pojednávající o fyziologickém zatížení basketbalistů v utkání, měla za cíl zjistit úroveň zatížení pomocí video-analýzy, hodnot srdeční frekvence a zastoupením laktátu v krvi. Výsledkem studie, bylo zjištění, že v průměru se každých 21 sekund dostal hráč do běhu vysoké intenzity. 60 % hracího času hráči strávili aktivitou nízký intenzity a 15 % aktivitou vysoký intenzity.

Průměrné hodnoty srdeční frekvence po dobu hracího času činili 169 ± 9 bpm, což představovalo $89 \pm 2\%$ hraniční tepový frekvence zaznamenané v laboratorních testech. Koncentrace laktátu byla 6.8 ± 2.8 mM. Závěr práce potvrdil, že na kardiovaskulární a metabolickou kapacitu hráčů basketbalu jsou v utkání kladeny vysoké nároky a proto je doporučeno se rozvoji těchto fyziologických požadavků věnovat (McInnes, 1995). Zde se u hodnocení energetiky setkáváme s pojmy srdeční frekvence a laktát. Oba pojmy v dnešní době hrají často zvolené hodnotící kritérium pro velikost a charakteristiku tělesného zatížení. Hodnocením reakce organismu na tělesné zatížení se ve své publikaci věnuje také profesor Bunc, který působí na půdě UK FTVS v Praze. Zde popisuje plicní ventilaci, spotřebu kyslíku, tepovou frekvenci a krevní laktát jako základní stavové veličiny pro hodnocení trénovanosti a úrovně zatížení (Bunc, 1990). Spolu se studií McInnes, 1995 a Bunc, 1990, můžeme konstatovat, že tepová frekvence je jedním ze spolehlivých ukazatelů úrovně tělesného (interního) zatížení jedince. Jelikož je tepová frekvence jedním s nejnázřejšími měřitelných a objektivních stavových veličin, která velice těsně koreluje se spotřebou kyslíku a tím pádem poskytuje relativně objektivní informace o vlivu interních podmínek na organismus (Bunc, 1990), v naší práci jsme tyto hodnoty nevyužili. Úkolem této studie, je kvantifikovat distanci pohybu volejbalových hráčů v utkání. Dále individuálně a inter individuálně porovnat úroveň externího zatížení. Pro popsání pohybu byla použita 3D kinematická analýza pohybu. Pro charakteristiku tělesného externího zatížení byla k dispozici celková distance pohybu v X/Z a X/Y rovině a změny rychlostí těchto pohybů. Diagnostika v této práci se dále zabývá jen daty v X/Z rovině, tj. pohybem v horizontální rovině.

2.2.1. Externí zatížení a interní zatížení

Síly, které působí na struktury z vnějšího prostředí, jsou obecně pojmenovány jako externí síly. Podíl síly nebo celkové nároky, kterými je osoba (struktura, systém) nucena odolávat externě působícím silám, je definována jako externí zatížení. Mezi nejčastější externí sílu patří například gravitace. Reakcí struktury na externí síly, je produkce interních sil (celkové nároky také definovány jako interní zatížení). Tyto interní síly mohou měnit tvar a velikost struktury

(deformace) nebo funkci systému, jako reakce organismu ve smyslu produkce specifických hormonů, práce svalstva apod. (Edquest, 2009).

2.3. Specifická charakteristika pohybu

Pro co nejefektivnější přípravu sportovců v tréninku je důležité a mnohdy se stává problémem, exaktně určit velikostí zatížení, kterému odolává organismus sportovce během utkání. Zatížení ve sportu bylo podle Ejem (2008) definováno jako: „souhrn všech pohybových úkonů a psychických procesů prováděných v utkání“. Cíl této práce je kvantifikovat objem externího zatížení z pohledu absolutní vzdálenosti pohybu v horizontální rovině. Vztah velikosti zatížení mezi tréninkem a utkání by měl být velice blízký. Nároky, které jsou kladeny na organismus sportovce, musí být přeneseny do procesu tréninku, aby byl dosažen co nejefektivnější transfer (technický, taktický, fyziologický). V moderní době, kde jsou jednotlivé herní posty vysoce specializovány, je diferenciací tohoto zatížení pro individuální potřebu a specifické nároky na jednotlivé hráčské posty velice nutná (Lehnert et al., 2008). Moderní volejbal každým rokem přináší trend rychlejšího provedení hry. Následkem je nárůst náročnosti pohybu, úroveň technických dovedností a fyziologických schopností jedince. Typické pohyby volejbalových hráčů vyžadují rychlé a pohotové změny směru. U některých déle trvajících rozeher, se hráči dostanou do zatížení vysoké intenzity (80% bpm max, 160-200 bmp). Volejbal se tak stává charakteristický svým intermitentním zatížením. V průměru v utkání, setrvají volejbalový hráči v zatížení vysoké intenzity 20 % herního času (Lehnert et al., 2008). Zatížení střední intenzity (130-160 bmp) jsou hráči vystaveny většinu herního času. Vysoká náročnost technických dovedností ve fyziologickém zatížení střední a vysoké intenzity si vyžaduje udržení koncentrace ve velké míře. I přesto, že většina vrcholových hráčů je vedena ranní specializací. Ve své publikaci z roku 2008 *Volejbal, Viděno třemi*, zde autor Haník poznamenává, že je důležité chtít od hráče absolutní uvolněnost a vysokou automatizaci pohybů. Taková úroveň automatizace je docílená vysokým počtem opakování v specifických situacích. Tomu je možné dojít velkým tréninkovým objemem a mnoha hodinami tréninku (Sturm, McGown, Emeritus, 2012; Ericsson, 1993).

2.4. Charakteristika a struktura herních postů

2.4.1. Smečář

Hlavní herní činnosti a odpovědnost smečáře ve volejbale je útok, a to primárně ze zón čtyři a osm, které jsou pro herní pozici smečáře většinou vyhrazeny. Sekundárním úkolem je pro smečáře ve většině družstev příjem podání od soupeře. Hráči na pozici smečáře dále v mezi-hře koncentrují svoje schopnosti také na obranu jak v herním hřišti, tak i na bloku (nacházejí, selí v přední zóně). Nároky na jejich herní schopnosti a tělesné zatížení jsou tedy poměrně vysoké, jelikož jsou ve hře a tréninku nuceni provádět veškeré herní činnosti jednotlivce, mimo nahrávky.

2.4.2. Blokař

Primárním úkolem blokařů ve volejbalovém zápase, je co možno nejefektivněji zamezit prostor, kterým může balon od soupeře vniknout na herní polovinu hřiště jeho družstva. Sekundárním úkolem blokařů je útok z předních zón, který vyniká velkou rychlostí a přesností nahrávek, útok prvního sledu. Volejbalová terminologie užívá název této nahrávky „rychlík“. Ve většině družstev je tato pozice nahrazena v zadní zóně hráčem herního postu libera. To znamená, že blokaři se nacházejí na hřišti většinou jen v čase, dokud jsou v přední zóně. V zadních zónách se nacházejí většinou jen v rozechře, kdy jsou samy na podání.

2.4.3. Nahrávač

Hráči na herní pozici nahrávače, mají za úkol nahrát balon útočnickům, v co možná největší přesnosti. Konají tak po té, co jeho spoluhráči přijmuli balón od soupeřova podání nebo útoku v mezihře. Způsobem provedení a směrem nahrávky se tak účastní ve velké míře o rozhodování strategii a systému hry.

2.4.4. Univerzál

Univerzál je hráč především využíván na útok jak z přední zóny dva, tak i ze zadní zóny devět. Na rozdíl od smečářů, je univerzál ve většině případů vynechán z role přihrávače podání od soupeře. Tak se jeho primární koncentrace úsilí přesouvá na útok a blok.

2.4.5. Libero

Libero je produktem nových pravidel volejbalu od roku 1998, kdy byla tato funkce oficiálně představena. Specialista na defenzivní činnost, jelikož nemá možnost participovat v předních zónách (pravidla mu nedovolují účastnit se bloku a útoku). V dnešní době maximálně využíván. Koncentruje se jenom na obranu herního pole svého družstva. Ve většině případů střídá blokaře, který není na podání a který se nachází v zóně jedna, šest a pět. Libero je volejbalovými pravidly oprávněn střídat, bez ohlášení střídání rozhodčímu, jakéhokoli hráče zadní řady a to jen v čase mezi rozehrami a hráče, který není v ten daný okamžik na podání.

3. Cíl práce

3.1. Výzkumná otázka

Lze kvantifikovat a analyzovat zatížení hráčů volejbalu pomocí evaluace pohybu ve volejbalovém utkání v ženském vrcholovém volejbalu z hlediska hráčských pozic?

3.2. Cíle práce

- D) Kvantifikovat pohyb hráčů z hlediska hráčských pozic na hřišti ve volejbalovém utkání.
- E) Determinovat pohyb hráčů z časoprostorového hlediska vzhledem k úrovni externího zatížení
- F) Porovnat úroveň externího zatížení hráče na pozici libera v utkáních kvantifikované objemem absolvované absolutní vzdálenosti v jednotlivých rozechrách i vzhledem k ostatním hráčským funkcím

3.3. Hypotéza

Celkové zatížení hráče na pozici libera kvantifikované objemem absolvované absolutní vzdálenosti po hřišti na jednu rozechru v zápase je menší než u hráčů na jiných pozicích.

3.4. Úkoly

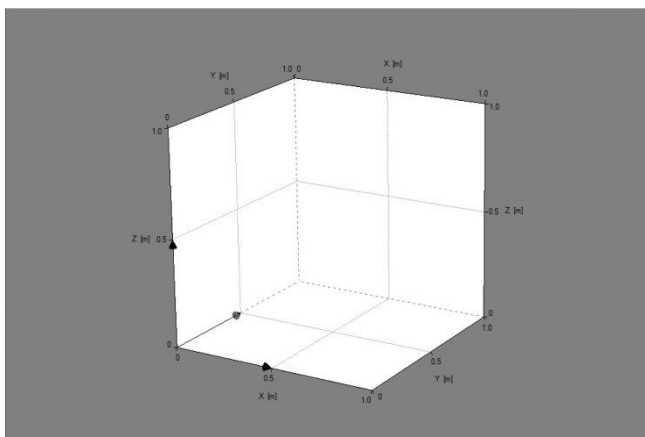
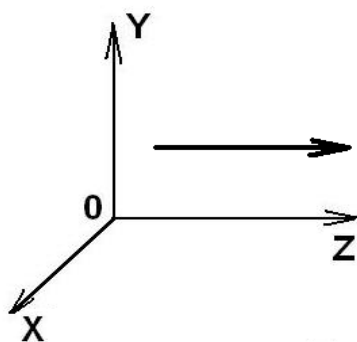
1. Vybrat reprezentativní utkání pro kvantifikaci objemu absolvované absolutní vzdálenosti hráčů na jednotlivých postech.
2. Pořídit záznam volejbalového utkání
3. Vybrat vhodnou metodu pro kvantitativní zpracování utkání

4. Kvantifikovat a vyhodnotit objem absolvované absolutní vzdálenosti hráčů na jednotlivých postech.
5. Porovnat výsledky z hlediska časového, herního a z hlediska hráčské funkce.

4. Výzkumné metody

4.1. Použité metody

Pro analýzu volejbalového utkání byla vybrána soutěž „Liga Mistrů“ ženské kategorie a jedno utkání vyřazovací části. Tím bylo zajištěno, že se jedná o špičkové hráče na elitní evropské úrovni. Výzkumnou skupinu tvořily elitní hráči volejbalu ženského pohlaví ($n=14$; věk= 25 ± 6 roku; výška= $182,3\pm 6,2$ cm; hmotnost= $72,1\pm 5,8$ kg) s objemem tréninkového zatížení 16-19 h/týden. Analyzovaní hráči působily a působí v profesionálních volejbalových klubech nejvyšší světové úrovni. Bylo vybráno utkání hrané na 5 setů a z pohledu průběhu jednotlivých setů utkání vyrovnané. Tím byla zajištěna vyrovnanost při zapojení hráčů během jednotlivých rozeher. Pro analýzu pohybu byla zvolena metoda kinematické 3D video analýzy. Volejbalové utkání bylo snímáno celkem ze čtyř úhlů (viz. Obrázek č. 3) stabilně umístěnými HD digitálními videokamerami SONY HDC90E (Sony Ltd., Japan) se snímkovací frekvencí 50 půlsnímků/sekundu a obrazovým rozlišením 1920 x 1080 pixelů. Snímaný prostor volejbalového hřiště byl kalibrován v rozsahu poloviny hracího pole ve velikosti 9 m x 9 m x 2 m v rámci zavedeného souřadného systému. Celková šíře záběru byla 10 m.



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

Kalibrace byla zvolena jako dvanáctibodová a byla provedena zpětná kontrola rekonstrukce prostorových souřadnic dosažením plošných souřadnic do rovnic s vypočtenými koeficienty DLT (Direct Linear Transformation) pro získání reziduí jako deviací reálné polohy bodů od hodnot vypočtených.

bod kalibrace	kamera 1	kamera 2	průměr
	res-bodu (m)	res-bodu (m)	
1	0,0365	0,0323	0,0344
2	0,0507	0,0369	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	0,0261	

Tabulka č. 1 : hodnoty výpočetních odchylek kalibračních bodů vzhledem k reálně zobrazenému prostoru

V tabulce (Tabulka č. 1) se nacházejí hodnoty reziduí spolu s vyjádřením maximálních, minimálních a průměrných hodnot. Tyto hodnoty jsou při posuzování přesnosti rekonstrukce potřeba vztáhnout k šíři reálného záběru, který byl 10m. Maximální odchylka u kamery 1 je 0,0548 m u bodu 7, kde u kamery 2 je odchylka 0,0278 m.

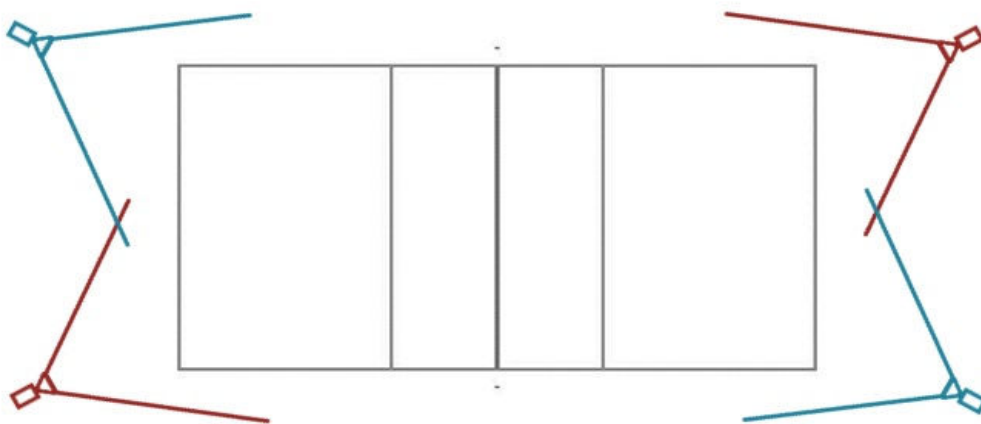
Spolu tyto dva body mají průměrnou odchylku 0,0410 m. Minimální odchylka u kamery 1 je 0,0013 m u bodu 4, kde u kamery 2 má tento bod odchylku 0,0278 m. Spolu mají tyto dva body průměrnou odchylku 0,0145 m. Maximální odchylka u kamery 2 je 0,0438 m u bodu 6, kde u kamery 1 je odchylka 0,0278 m. Spolu 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 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 %.

Při porovnání odchylek vzhledem k reálně zobrazenému prostoru jsou hodnoty vypočtených odchylek velmi malé. V této situaci, kdy kamery mohou být dostatečně daleko od snímaného prostoru, se potvrzuje menší důsledek optického zkreslení objektivu.

Zpracování jednotlivých rozehrer utkání z videozáznamu proběhlo digitalizací do PC pomocí specializovaného softwaru (Virtual Dub, Premiere Adobe).

Pro popis polohy jednotlivých hráčů byla zvolena a označena pozice na jednotném bodě (střed hlavy hráče) a pomocí softwaru Tema Biomechanics 2.3 byla provedena digitalizace jednotlivých pozic v každém záznamu rozehry (Obrázek č. 4,5). Získané data byla dále zpracována v programech MS Excel (Microsoft, USA) a SPSS 19.0. (StatSoft, USA).

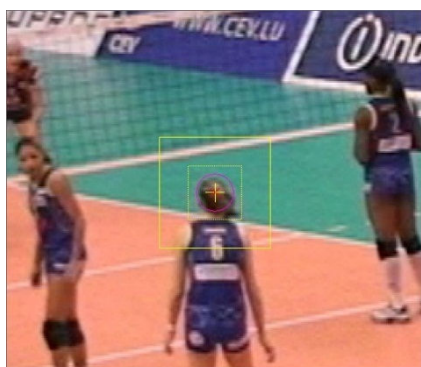


Obrázek č. 3 : Schématická znázornění rozmístění kamer pro záznam utkání



Obrázek č. 4 : Příklad záběru Kamera 1 a Kamera 2 s označením pozice hráčů pomocí zadaných bodů v oblasti hlavy hráčů.

Obrázek č. 5 : Detail zaměření hráče

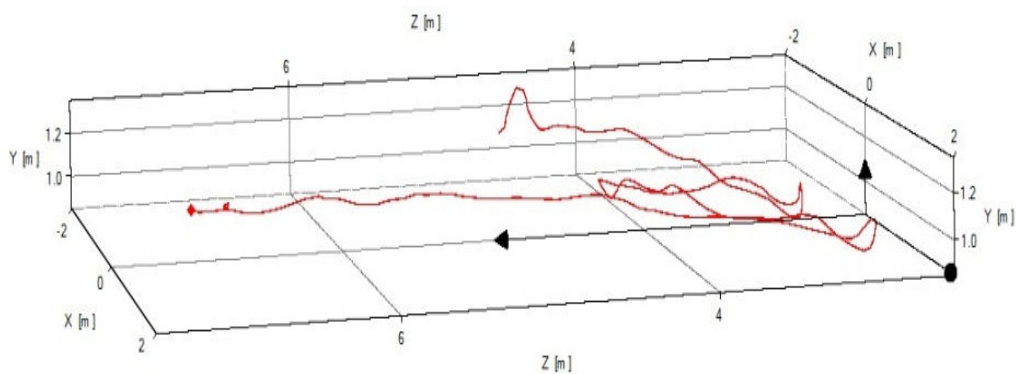


Jednotný začátek pro každou rozebru byl stanoven, jako okamžik kdy se míč u podávajícího hráče nacházel na úrovni její hlavy při vyhazování míče na servis. Jednotný konec rozebru byl stanoven dotykem míče s hrací plochou. Výsledkem digitalizace bylo zjištění prostorových souřadnic poloh jednotlivých vybraných bodů reprezentujících polohu a pohyb každého hráče (hlava každého hráče) a z takto získaných dat bylo možné realizovat evaluaci pohybu hráčů při jednotlivých rozebrách. Získaná prostorová data byla dále hodnocena jen jako projekce do plochy hracího pole se snímkovací frekvencí 50 Hz. Při simplifikaci polohy těla pomocí bodu umístěnému jako střed hlavy bylo docíleno prostorové přesnosti 0,25% reálné šíře záběru (úroveň jednotek centimetrů) a s časovostí 20 ms jednotlivých změn. Tímto byla zajištěna objektivita zpracovaných a interpretovaných dat.

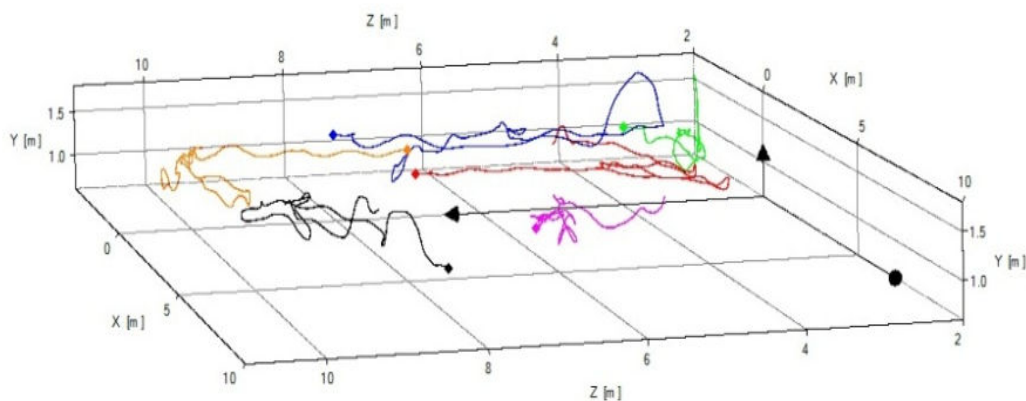
Důležitým krokem analýzy byla diferenciací rozeher, ve kterých libero hrálo, rozdělení rozeher na vítězné a prohrané a na roze hry které začínaly podáním nebo přihrávkou. Tato data byla zaznamenána do tabulek a následně statisticky zpracována.

5. Výsledky

Výsledkem digitalizace snímaných dat byla kalkulace prostorových souřadnic poloh jednotlivých vybraných bodů v čase. Repräsentují polohu a pohyb všech hráčů každých 20 ms roze hry (pozice hlavy hráčů). Importem a přepočtem získaných dat bylo možné realizovat evaluaci pohybu hráčů při jednotlivých roze hrách. Obrázky (Grafy č. 1 a 2) jsou 3D vizualizací pohybu hráčů v jedné roze hrě. Jedná se o třírozměrný graf deskripce změny polohy sledovaného bodu v zadaném souřadném systému v X/Y/Z osách. Z prostorových souřadnic sledovaného bodu lze provést interpretaci pohybu hráče a sumarizovat informace o vektorech a délkových změnách jednotlivých přemístění hráče.



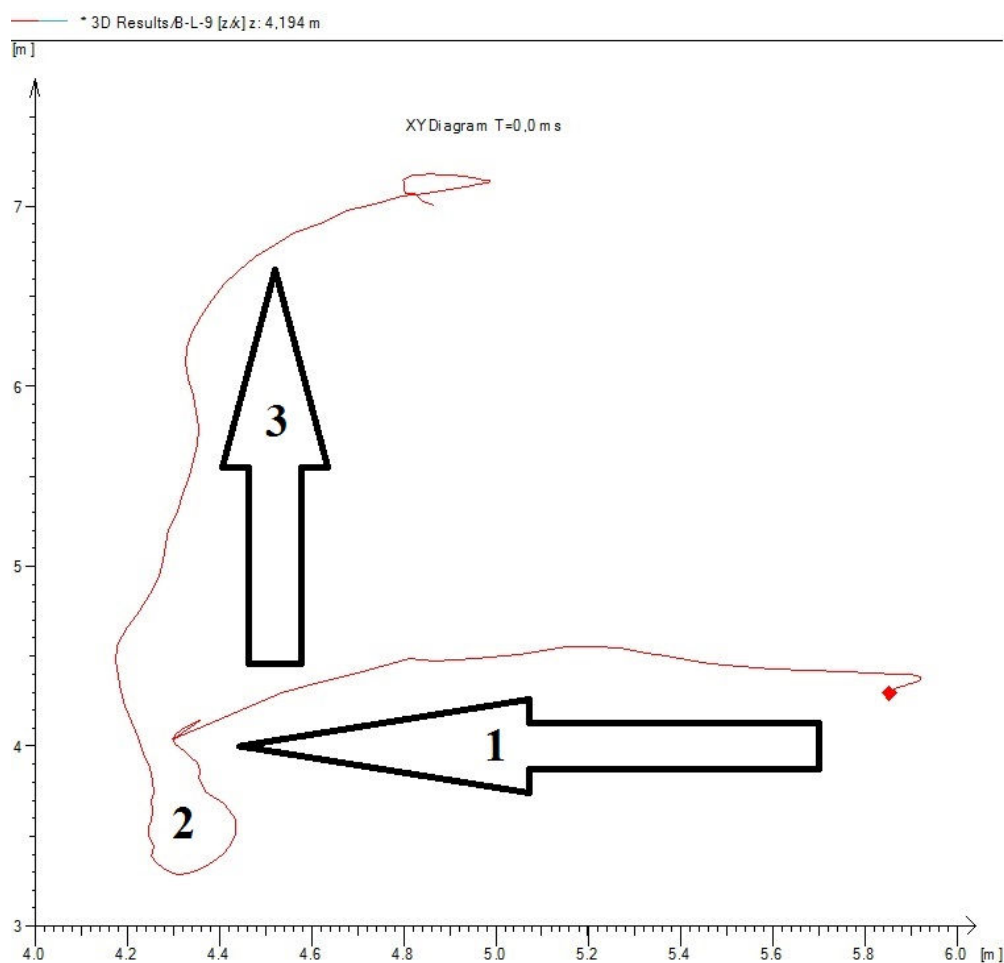
Graf č. 1 : Výslední 3D vizualizace pohybu hráče v jedné roze hrě



Graf č. 2 : Výslední 3D vizualizace pohybu všech hráčů v jedné roze hrě

V obrázku (Graf č. 2) jsou znázorněny změny polohy a pohybu všech hráčů během jedné roze hry, jednotliví hráči jsou odlišeni barvou znázorňující křivky. Získaná prostorová data byla dále hodnocena jen jako projekce do plochy hracího pole. Z obrázku (Graf č. 3) je možné konstatovat, že pohyb hráče (libera) ve vybrané roze hře formovaly celkem tři druhy (směry) přemístění, z čehož dvě přemístění byly poměrně přímočaré (lineární). První přemístění od výchozího bodu a značky prezentovaná kurzorem s číslem 1, prezentuje přemístění libera z pohledu hracího pole stranou, v pravolevém směru o délce 1,8 m. Následovalo zastavení a pohyb na místě (2). Třetí přemístění (kurzor 3) tvořil pohyb směrem dopředu o délce 4,3 m. Z pohledu příkladu na obrázek (Graf č. 3) můžeme konstatovat, že hráči volejbalu využívají v roze hře veškeré směry přemístění.

Graf č. 3 : 2D vizualizace pohybu libera v X/Z rovině



Pro celkové hodnocení sledovaného utkání bylo analyzováno celkem 167 rozeher (4 sety oficiálního mezinárodního elitního zápasu). V tabulce (Tabulka č. 2) můžeme vidět souhrn výsledků jednotlivých hráčů, jejich celkové a průměrné údaje o čase a absolutní vzdálenosti, kterou absolvovali po dobu 167 rozeher (čtyřech setů). Doba trvání netto herního času v průběhu 167 rozeher byla 21,17 minut. Průměrná doba trvání jedné roze hry činila 7,6 sekund, průměrné trvání herního času jednoho setu bylo 5,29 minut. Distance horizontálního pohybu hráčů za utkání byla v průměru 1259,5 m. Blokař 1 absolvoval vzdálenost 854,21 m, Blokař 2 distanci 891,95. Hráč na pozici libera absolvoval distanci celkem 1259,89 m za utkání. Smečář 1 a 2, nahrávač a univerzál absolvovali poměrně shodnou vzdálenost o průměru 1453,39 m v utkání. Hráč na postu libera se nezúčastnil celkem 36 rozeher z celkového počtu 167, co činilo 21,6 % rozeher, ve kterých se nenacházel na hřišti a aktivně se nezapojil do hry. Libero aktivně participovalo celkem ve 131 rozehrách., na rozdíl od smečářů, univerzála a nahrávače, který se nacházeli na hřišti a byli aktivní ve všech 167 rozehrách. Další hráči, kteří se nezapojili do všech rozeher, byli blokaři. Blokař 1 se účastnil 101 (60,5 %) rozeher, Blokař 2 byl zapojen do 102 rozeher ze 167 (61,1 %). Presentována minimální hodnota vzdálenosti v roze hře byla 0,7 m a maximální zaznamenala 34,18 m. Průměrná hodnota minima distance za jednu roze hru byla 1,05 m a maxima činí 30,6 m. Stanovený průměr distance pohybu hráče za jednu roze hru byl 8,8 m a mezi hráči variuje v rozpětí od 8,5 m do 9,6 m. Komparace výsledných hodnot za utkání je hluboce ovlivněna absencí blokařů a libera v některých rozehrách.

Tabulka č. 2 : Výsledky elaborace distančních a časových dat jednotlivých hráčů, dráha (s), čas (t)

Team	Celkem s (m)	Celkem t (min)	Rozehra			
			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	-

	Rozehry (n)	S-N-U t (min/%)	Blokař 1 t (min/%)	Blokař 2 t (min/%)	Libero t (min/%)
Set 1	28	3,41 (100%)	1,99 (58,3%)	2,53 (74,1%)	2,3 (67,4%)
Set 2	41	4,85 (100%)	3,21 (66,2%)	2,98 (61,4%)	3,5 (72,1%)
Set 3	45	6,06 (100%)	3,66 (60,4%)	3,19 (52,6%)	5,26 (86,7%)
Set 4	53	6,85 (100%)	3,56 (52%)	4,19 (61,1%)	5,94 (86,7%)
SUMA t/(%)	21,17 (100%)	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%)

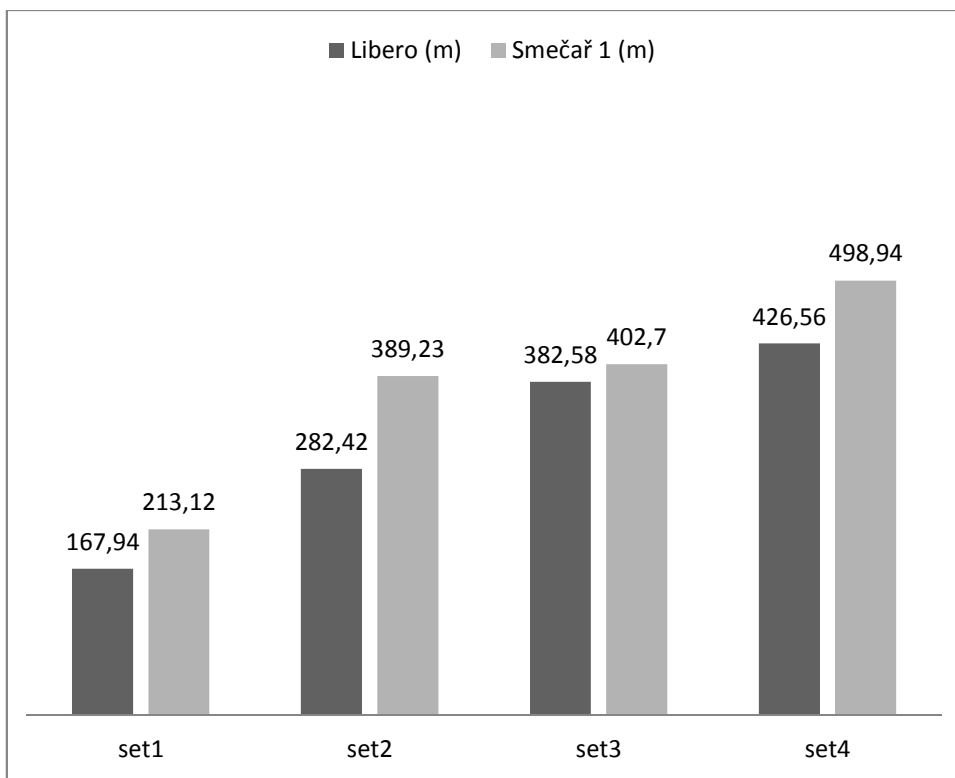
Tabulka č. 3 : Doba participace hráčů v jednotlivých setech. S-N-U (smečaři-nahrávač-univerzál), čas (t)

Data prezentované v tabulce (Tabulka č. 3) jsou přehledem netto hrací doby, po kterou se hráči účastnili v jednotlivých setech. S-N-U se nacházeli na hřišti ve všech čtyřech setech po celou dobu hracího času 21,17 min, přičemž libero participovalo na hřišti jen 17 minut (80,3%). Hodnota průměrného trvání jednoho setu byla 5,29 minut, z toho se libero účastnilo průměrných 4,25 minuty (78,2%). Blokaři se z celkového trvání utkání nacházeli na hrací ploše, první blokař 12,42 minut a druhý blokař 12,89 minut (58,6% a 60,8%).

Libero/Smečař 1	sL/sS1 (m)	tL/tS1 (min)	Absence
set1	167,94/213,12	2,3/3,41	6:28
set2	282,42/389,23	3,5/4,85	13:41
set3	382,58/402,70	5,26/6,06	7:45
set4	426,56/498,94	5,95/6,85	10:53
SUMA	1259,5/1503,99	17,016/21,17	36:167
AVG	314,87/375,99	4,254/5,29	9:42

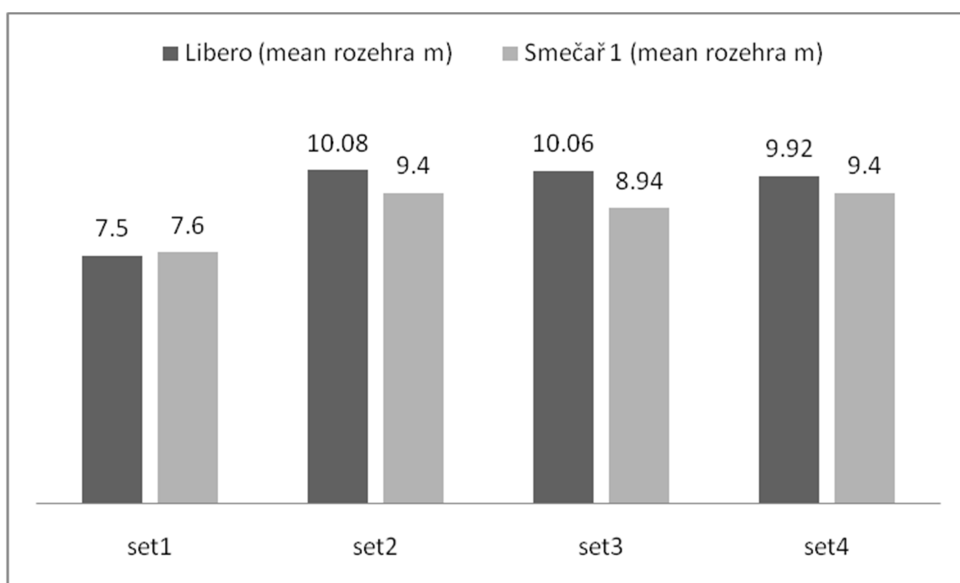
Tabulka č. 4 : Komparace výsledků dráhy v X/Z rovině a času Libera a Smečaře 1 za jednotlivé sety, dráha libera (sL), dráha smečaře 1 (sS1), doba na hřišti libero (tL), doba na hřišti smečař 1 (tS1), rozechry ve kterých neparticipoval: celkový počet rozecher za set (Absence)

V tabulce (Tabulka č. 4) jsou znázorněny komparace výsledků hodnot absolutní dráhy a času mezi liberem a smečaře. Rozdílnost není pouze v objemu distance pohybu, ale liší se také časovým objemem, který se v tomto případě stává odpovědným faktorem pro velikost distančního objemu.



Graf č. 4 : Komparace distance pohybu za jednotlivé sety mezi Liberem a Smečářem 1

Na obrázku (Graf č. 4) jsou v sloupcovém grafu znázorněny absolutní hodnoty vzdálenosti pohybu libera a smečáře 1 (v X/Z rovině). Hodnoty jsou absolutní a vztahují se k jednotlivým setům. Obrázek (Graf č. 5) znázorňuje komparaci stejných hráčů a jejich průměrné dráhy v na jednu rozehru.



Graf č. 5 : Komparace průměrné distance pohybu v jedné rozehře mezi Liberem a Smečářem 1

6. Diskuse

Evaluace distancí jednotlivých hráčů a časové analýzy zdůrazňuje, že celková distance pohybu v horizontální rovině se mezi hráči v závislosti na specifickém herním postu výrazně liší jen ve výsledné vzdálenosti za set, resp. celé utkání (viz. Graf č. 4, Tabulka č. 2). V tabulce (Tabulka č. 4) obsahuje komparaci výsledků hodnot absolutní dráhy a času mezi liberem a smečaře. Rozdílnost není pouze v objemu distance pohybu, ale liší se také časovým objemem, který se v tomto případě stává odpovědným faktorem pro velikost distančního objemu. Proto můžeme říct, že rozdílnost v objemu není zapříčiněna specifickou rozdílností mezi posty, ale celkovou dobou participace v rozeře. Obrázek (Graf č. 5) znázorňuje komparaci stejných hráčů a jejich průměrné dráhy v na jednu rozeř, kde máme možnost vidět, že libero dosahuje minimálně stejných výsledků jako smečář 1. Pohybové nároky na přemístění v X/Z rovině v jedné rozeře, s odlišností specifity postů hráčů, jsou kvantitativně shodné (viz. Tabulka č. 2, Graf č. 5). Diference sumy výsledků z analýzy pohybu v X/Z rovině vzhledem k hráčským postům, je vysoce ovlivněna hlavně časem, který se hráči účastnili v utkání. Hypotéza zmíněná v sekci 3.3, konstatuje, že celkové externí zatížení kvantifikované objemem horizontální absolvované absolutní distance pohybu je u hráče na postě libera menší než u ostatních hráčů. Elaborace ukázala opak, průměrná distance pohybu činí u libera 9,6 m za jednu rozeř. Hráči dosáhli průměrnou hodnotu 8,8 m za jednu rozeř, přičemž Libero překonalo průměr o 0,8 m více, než ostatní hráči. Obrázek (Graf č. 4) porovnává vzdálenosti libera a smečáře v závislosti od setu. Smečář sice disponuje větším objemem po dobu jednoho setu, ale na obrázku (Graf č. 5) jsou znázorněné hodnoty přepočtené na jednu rozeř. Libero disponuje větším objemem externího zatížení jako smečář. Jelikož byl objem smečářů, nahrávače a univerzála poměrně stejný, můžeme konstatovat, že externí zatížení libera v smyslu distance pohybu v X/Z rovině větší než ostatních hráčů. Perš et al. (2002) kvantifikoval distanci pohybu velmi podobným způsobem. Hráči házené v tomto případě urazili v průměru 4800 m. Variace pro různé hráče činila od -7% do +6% vzdálenosti, můžeme říct, že externí zatížení bylo pro všechny hráče poměrně podobné a nedošlo k signifikantním rozdílům mezi specializacemi hráčů. Pravidla volejbalu omezují

hráče libera, k tomu aby se účastnil všech rozeher v utkání. Tato studie ukázala, že libero participovalo průměrně v 78,4 % rozehrách v utkání a 80,3 % netto herního času v setu se nacházelo na hřišti. Následně tak přítomnost libera ovlivňuje účast/neúčast v rozehrách taky blokaře. Blokaři se účastnili v průměru 60,8% z celkového počtu rozeher, což je o 19,5 % méně, než libero. Gonzáles et al. (2005) v závěru své studie konstatuje, že vplyvem nových pravidel je participace blokařů ve hře menší, jako konsekvence neustálého střídání liberem. Gonzáles, et al (2005) se věnoval determinaci intenzity interního zatížení libera a blokařů, záznamem tepové frekvence a poměrem krevního laktátu v utkání. Studie zjistila výrazné rozdíly v maximálních a průměrných hodnotách tepové frekvence. Přes to, že se blokaři neúčastnili stejného počtu rozeher jako libero, v přední zóně bylo na nich kladeno více intenzivních nároků v porovnání s liberem v zadní zóně. Průměrná tepová frekvence blokařů byla 150 bpm a libera jen 137 bpm. Práce Lehnert et al.,(2008) potvrdila, že skupina, která trénovala ve větší intenzitě interního zatížení, než za regulérních podmínek v utkání se vystavovala většímu tréninkovému stimulu. Yiannis et al. (2004) ve své studii, která se zabývá evolucí volejbalových dovedností a taktiky mezi roky 2000 a 2004. Eviduje spojitosti, které uskutečnili nové pravidla ve volejbale. Jednou z nich je zlepšení obranných dovedností v poli a na bloku, konkrétně snížením počtem chyb vybíráním v poli. Na obraně v poli se nepodílí jen samotné libero a výsledné konstatování bere v úvahu větší důraz trenérů na kvalitativní stránku herních činností všech hráčů. Přesto je patrné, že samotný princip zařazení libera do hry je jedním z pomocných faktorů, jak veškerým možným úsilím zvýšit obranní potenciál družstva a tak zvýšit efektivnost v obraně a taky na útoku (Mesquita,2007). Rychlé přemístění na velké vzdálenosti si vyžaduje fyzickou připravenost na vysoké úrovni. Výsledkem studie Fan et al.(2007) je stanovení pěti hlavně ovlivňujících fyzických faktorů pro schopnost hráče hrát na postě libera v ženském volejbalu. Jsou to postava, kvalita střehového postoje, kvalita síly, reakční čas a kvalita vytrvalostních schopností. Podle výsledků této studie, můžeme říci, že fyzické nároky na pohyb v X/Z rovině jsou v rozehrě vyšší než na ostatní hráče. Na úroveň zapojení hráče libera do hry pojednává ve své práci Huawei (2008). Zdůrazňuje, že zapojení tohoto typu hráče je využíváno více v elitních družstvech oproti neprofesionálním, místním soutěžím. Záleží na úrovni soutěže, úrovni zkušeností a vědomostí pravidel.

Studie, které se zabývali tématem hodnocení distance pohybu hráčů ve volejbale, nebyly doposud dostatečně rozpracovány. Buchtel (2008) ve své přehledové studii předložil příklad a způsob určení objemu externího zatížení ve volejbale. Studie měla za cíl kvantifikovat počet úseků, který hráč absolvoval na hřišti za utkání. Metodou evaluace bylo pozorováním písemně zaznamenat a kategorizovat úseky pohybu elitního hráče do třech kategorií. Pohyb hráče odhadem do 1 m, do 3 m a 3 m a více. Pro možnost komparace výsledků s touto studií, bylo určeno, že kategorie Pohyb do 1 m, resp. 1 kroku činí 0,8 m., do 3 kroků činí 2,4 m a pro 3 a více kroků byl určen koeficient přepočtu 5 m. Výsledná odhadovaná vzdálenost smečáře byla v prvním setu 125,6 m, v druhém setu 102,6 a ve třetím setu 108,8. Komparace výsledků 3D Kinematické analýzy ukázala v tabulce č. 5, že naměřené hodnoty odhadem jsou menší a výrazně se liší

	EO (m)	E 3D KAP (m)
Set 1	125.6	389.235
Set 2	102.6	402.701
Set 3	108.8	498.94

Tabulka č. 5 : Komparace výsledků distance pohybu smečáře za set, (EO) Evaluace odhadem, (E 3D KAP) Evaluace 3D Kinematickou analýzou pohybu

Ve výsledcích (Graf č. 3) bylo konstatováno, že hráči volejbalu jsou nuceni v rozehře využívat veškeré směry přemístění, proto je doporučeno, aby se v specifickém kondičním tréninku zařazovali pohyby a přemístění, které si vyžadují rychlou reakci a koordinované rychlé změny směru v prostorách (9 m x 9, volejbalové hřiště) rozměrově poměrně specifickým prostoru (Brughelli et al., 2008; Gabbett et al., 2006).

7. Závěr

Výsledky předložené studie přináší velmi objektivní a relativně velmi přesné informace o pohybu hráčů na jednotlivých postech během jednotlivých setů a potažmo během celého utkání. Pro zajištění maximální serióznosti naměřených dat bylo vybráno reprezentativní utkání vrcholové mezinárodní pohárové soutěže, kdy byla zajištěna účast špičkových hráčů. Měření v terénních podmínkách

žádným způsobem nezasáhlo do vývoje a průběhu utkání, což přispělo k hodnotě výsledků. Vlastní utkání vybráno i vzhledem ke svému vyrovnanému průběhu, aby bylo možné vyhodnocovat rovnoměrnost vzhledem ze zapojení a zatížení jednotlivých hráčů. Pro další objektivizaci a zobecnění bude zapotřebí doplnit stávající analýzu o další vybraná utkání a navýšit tak počet sledovaných a hodnocených setů.

Doposud zjištěné výsledky však přináší přínos do vědeckých a odborných kruhů zabývajících se analýzou pohybu hráčů volejbalu jak z pohledu zatížení, tak z pohledu kinematiky. Kvantita objemu externího zatížení na hráče v utkání se liší herním časem, ve kterém hráči participují. Fyzické nároky na hráče v rozeře, kvantifikované objemem distance pohybu, se podle výsledků mezi hráči v studii nejeví extrémně rozdílný. I když libero dosáhlo vyššího výsledku, mezi specializacemi hráčů se neobjevily signifikantní rozdíly. Průměr objemu distance pohybu v X/Z rovině smečářů, nahrávače a univerzála byl v jedné rozeře poměrně stejný (8,8 m), proto můžeme konstatovat, že externí zatížení (průměrně v jedné rozeře 9,6 m v X/Z) libera bylo větší než u ostatních hráčů. Mezi největší přínos práce patří zvládnutá a ověřená metodika evaluace polohy a pohybu jednotlivých hráčů během utkání, která přináší velmi přesné údaje a kterou je možné využít i pro další důležité objektivizační hodnocení, jako je například vertikální změny polohy jednotlivých hráčů během rozeher. Vertikální změny polohy hráčů jsou velmi zajímavou možností hodnocení a to jak z hlediska snižování těla při přesunu a případném odbíjení míče v poli, tak především během obranné a útočné činnosti z pohledu výšky výskoku, opakovatelnosti a efektivnosti zaujmout dané postavení.

8. Rozsah platnosti

8.1. Vymezení

Výsledky této studie se mohou vztahovat na ostatní hráče volejbalu v utkání.

8.2. Omezení

Vliv na výsledky může způsobit jak individuální fyzický a psychický stav hráčů tak i komplexní činitele jakými je trvání utkání a využití ve hře, taktika.

9. Reference

- BLOOMFIELD, J., POLMAN, R., & O'CONNOR, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(1), 63-70.
- BRUGHELLI, M., CRONIN, J., LEVIN, G., & CHAOUACHI, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport. *Sports Medicine*, 38(12), 1045-1063.
- BUCHTEL, J. (2008). Diagnostika herního zatížení v utkání volejbalu. *Studia Kinanthropologica*, 9(2), 238-345.
- 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.
- 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).
- 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.
- FAN, D.-S., & ZHANG, K.-R. (2007). Research on the Main Influencing of Physical Fitness factor of the Competitive Ability of Female Volleyball Libero Player [J]. *Journal of Nanjing Institute of Physical Education (Natural Science)*, 4, 013.
- 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.

- 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.
- GONZALES, C., URENA, A., LLOP, F., GARCIA, J. M., MARTIN, A., & NAVARRO, F. (2005). Physiological characteristics of libero and central volleyball players. *Biol Sport*, 22(1), 13-27.
- HANÍK, Z., NĚMEC, M., TLSTOVIČOVÁ, Z., & NOVÁK, A. (2008). *Volejbal viděno třemi* (Vol. 1.). Praha: Grada Publishing, a.s.
- HUAWEI, Z. (2008). Research into the Role of" Libero Player" in Grass-roots Competition. *Journal of Hubei Sports Science*, 3, 017.
- 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.
- 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(2), 95-108.
- 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.
- PO-CHIEH, C., CHEN-FU, H., & SZU-MING, S. (2011). Differences in 3d kinematics between genders during volleyball spike. *The Journal of National Taiwan Normal University*.
- QI, A. N. (2000). On Application of Libero in Volleyball Competition [J]. *CHINA SPORT SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 3, 009.

- STURM, F., MCGOWN, C., & EMERITUS. (2012). *Basic concepts of long term talent development*. from <http://www.fivb.org/>.
- TILP, M., WAGNER, H., & MÜLLER, E. (2008). Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Sports Biomechanics*, 7(3), 386-397.
- VUČKOVIČ, G., & DEŽMAN, B. (2001). Results of tracking a referee's movements during a basketball match with computer sight. *Sport kinetics*, 274-277.
- 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.
- YIANNIS, L., & PANAGIOTIS, K. (2005). Evolution in men's volleyball skills and tactics as evidenced in the Athens 2004 Olympic Games. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 5(2), 1-8.