

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Autoreferát disertační práce

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

Obor
Kinantropologie

Pracoviště
Laboratoř sportovní motoriky

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

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

Vypracoval: **Mgr. Mikuláš Hank**

Praha 2020

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

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

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

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

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

Optometrická metoda má určité kvalitativní výhody vůči metodě sběru dat pomocí nositelného modulu. Přináší možnost analyzovat jakýkoli utkání ve dvou-rozměrném (2D) nebo troj-rozměrném (3D) prostoru a taky individualizovat nebo zpětně vybrat segmenty pro analýzu, které jsou zachycené na obrazu. Nevýhodou je poměrně složitá kalibrace prostoru a kamer, zpracování a samotné stopování objektů (anglicky „tracking“). Klademe si tedy otázku, jak velké je externí herní zatížení elitních volejbalových hráček v oficiálním utkání reprezentováno objemem rychlosti pohybu jednotlivých hráčských specializací?

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

2. TEORETICKÁ ČÁST PRÁCE

2.1 Herní zatížení ve volejbale

Utkání si vyžaduje dynamickou změnu směru pohybu v relativně malém prostoru při 6 hráčích (81 m²), a při vysoké intenzitě pohybu (max. 80 % bpm), vykazuje volejbalová hra charakteristiky právě intermitentního zatížení. Hráči zůstávají v takovém zatížení až do 20 % herního času (Lehnert et al., 2009, 2008; Schläppi-Lienhard & Hossner, 2015; Wei-ping, 2009). Rychlé a flexibilní reakce s pohybem v malém prostoru jsou determinovány jako pohyblivost neboli agilitou. „Agilita“ je podle Bompa & Haff (2009) produktem komplexní kombinace mezi rychlostí, koordinací, flexibilitou a výbušnou silou. Ve volejbale se používá rychlé a správné načasování při defenzivní a taky ofenzivní činnosti. Specifický rozvoj biomotorických schopností a jejich integrace musí být správně metodicky navržen; na druhé straně rozvoj pouze jedné schopnosti ovlivňuje i jiné schopnosti. Vedená, dlouhotrvající a vhodně navržená praxe je rozhodující složkou pro dosažení technické a biologické synchronicity všech činností včetně sportovních her (Ericsson, 1993). Když zkoumáme "požadavky oficiálního utkání", studie se musí zaměřit buď na monitorování vnitřních parametrů fyzické zátěže, jako například srdeční frekvence, hladina laktátu a hodnocení vnímané námahy (RPE) (Gonzalez et al., 2005; Hakkinen, 1993; Lehnert et al., 2008; Rodriguez-Marroyo et al., 2014; Viitasalo et al., 1987) nebo o popisu vnějšího zatížení, jako je například počet výskoků, úderů, dráha pohybu, distance apod. (Sheppard et al., 2009). Přesná kvantifikace herního zatížení z hlediska celkové distance pohybu v elitním volejbale nebyla, v našem vědomí, doposud prozkoumaná více než dvěma studii (Mroczek et al., 2014; Karvan, 2007). Sledování pohybu hráčů v jiných sportovních hrách (házená, basketbal, fotbal, ragby) bylo téma už několika studií (Bloomfield et al., 2007; Carling et al., 2008; Erčulj et al., 2008; Figueroa et al., 2006; Persil et al., 2002; Persil et al., 2008; Vuckovic & Dežman, 2001). Studie specificky zaměřené na sledování hráčů použili několik metod. Ve většině případů byl na sledování pohybového profilu použitý systém GPS (Global Position System), který je schopen vyhodnotit změny polohy objektu pomocí satelitních údajů, ale taky ve spolupráci se vstaveným akcelerometrem. Hlavně ve sportech jako je fotbal, ragby a americký fotbal.

3. OTÁZKY, CÍLE, HYPOTÉZY

3.1 VĚDECKÉ OTÁZKY PRÁCE

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

3.2 CÍLE PRÁCE

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

3.3 HYPOTÉZY PRÁCE

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

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

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

H4: Hráčská specializace „Libero“ dosahuje signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty celkového herního zatížení v horizontální rovině X, Z (EZ_{xz}) v komparaci s ostatními specializacemi „Smečář“, „Blokář“, „Univerzál“ a „Nahrávač“.

H5: Hráčská specializace „Blokář“ dosahuje signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty celkového herního zatížení ve vertikální rovině Y (EZ_y) v komparaci s ostatními specializacemi „Smečář“, „Libero“, „Univerzál“ a „Nahrávač“.

H6: Hráčská specializace „Smečář“ a „Univerzál“ dosahují signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty explozivního herního zatížení ve vertikální rovině Y (HZ_{Exp_y} ; $< 3,5 \text{ m/s}^2$) v komparaci s ostatními specializacemi „Libero“, „Blokář“ a „Nahrávač“.

H7: Ve vítězných rozehrách dosahují hráči signifikantně ($p < 0,05$) rozdílné hodnoty celkového herního zatížení (HZ_{Full}) a střední velikosti účinku (ES; effect size) podle Cohena (1992) $d = 0,2 - 0,8$ v komparaci s prohranými rozehrami.

4. METODY PRÁCE

4.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO SOUBORU

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

4.2 ORGANIZACE VÝZKUMU

S cílem analyzovat pohyb nejvyšší dostupné úrovně sportovní hry volejbal v přirozených podmínkách, bylo v této disertační práci vybráno elitní volejbalové utkání soutěže v ženské kategorii play-off Champions League. Utkání se uskutečnilo za dodržení standardních podmínek mezinárodních evropských volejbalových soutěží podle pokynů CEV (Confédération Européenne de Volleyball). Výška haly splňovala nároky pokynů kategorie 1 s minimální výškou 12,5 m nad hrací plochou, hrací plocha dosahovala více než minimální rozměr 35 x 24,5 m a úroveň osvětlení dosahovala 1250 lux. Kapacita haly

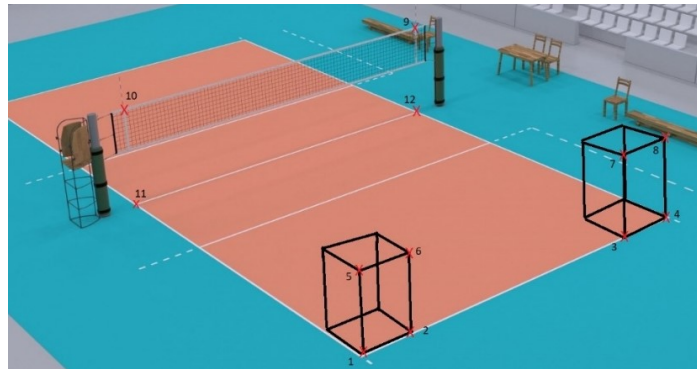
pro návštěvníky splňovala 5000 míst. Teplota v hrací hale dosahovala podle pokynů rozsah 16 až 24 °C. Hrací čas utkání byl podle standardní normy v 19:00. Hrací plochu kryl standardizovaný povrch TARAFLEX® (Sports Flooring, USA). Sběru dat se účastnilo celkem 5 examinátorů. Před začátkem utkání a samotného rozcvičení hráček, byla do každého ze čtyřech rohů ve druhém patře hlediště umístěná jedna video-kamera SONY HDC90E (Sony Ltd., Japonsko) ve vzdálenosti do 30 m od hrací plochy a byla pevně stabilizovaná na stativu Manfrotto PRO 3 CARBON (Manfrotto, Itálie), který byl pro větší stabilitu zafixován k ploše, aby uhel náběru obrazu splňoval rozsah 40-45°. Každou kameru obsluhoval jeden examinátor. Pátý examinátor kontroloval průběh měření, připravoval nové kazety pro nahrávání a zajišťoval veškerý potřebný servis pro sběr dat. Následovalo nastavení expozičního času na každé kameře na 1/300 s a obraz se přiblížil do úrovně, aby byla zaznamenána celá hrací plocha. Před nástupem družstva na hrací plochu se do hrací plochy (rohy vnitřního hřiště) umístili kalibrační krychle a provedl se na všech kamerách kalibrační záznam video obrazu o délce 5 s. Tato pozice a nastavení kamer se za žádných podmínek nesměla za celé utkání změnit (statická kalibrace). Po uskutečnění záznamu se kalibrační krychle odstranili z hrací plochy. Následoval záznam samotného utkání, každý z examinátorů kontroloval hrací děj a dálkovým ovládním na kameře zastavoval nahrávání v technických přestávkách hry, time-outech družstev a mezi jednotlivými sety. Po ukončení utkání se kolektivizovali záznamy na video-kazetách a přenesli do laboratoře pro digitalizaci a další procesní zpracování.

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

Kalibrace reálného prostoru

Do reálného prostoru zadních dvou rohů volejbalového hřiště, byli před volejbalovým utkáním umístěny dvě kalibrační krychle o rozměru 1 m x 2 m. Stabilními kamerami byl proveden krátký video záznam obrazu hřiště a kalibračních krychlí. Do provedeného úseku videa s kalibračními krychllemi se následně pomocí softwaru Tema Biomechanics 2.3 označilo celkem 12 kalibračních bodů. Ke kalibraci a digitalizaci obrazu jsme použili těchto 12 bodů. Po integraci textového souboru do softwaru Tema Biomechanics 2.3, který obsahoval kalibrační souřadnice pro každý ze 12 bodů, software

pomocí koeficientů DLT (přímá lineární transformace) provedl zpětnou rekonstrukci prostorových souřadnic s maximálním reziduem 0,05 m pro bod 7 (kamera 1) a 0,0438 m pro bod 6 (kamera 2). Průměrná rezidua byla 0,033 m (kamera 1) a 0,023 m (kamera 2). Minimální reziduum bylo 0,0013 m (kamera 1) a 0,0062 m (kamera 2). Všechny hodnoty jsou uvedené v Tabulce 2. Přesnost měření byla vypočtena se standardní odchylkou 0,0296 m, což znamená 0,3 % zaznamenaného prostoru, což ve skutečnosti byla velikost hřiště (9x9m) plus 2 m za postranní čarou kvůli zaznamenávání pohybu hráčů mimo hřiště.



Obrázek 1: Vizualizace postavení kalibračních krychlí a označených kalibračních bodů.

Trasování (tracking) bodů

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



Obrázek 2: Simplifikace pohybu těla. Jednotný bod pro reprezentaci pohybu těla po hřišti a deskripci trajektorie byl zvolen střed hlavy hráčky.

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

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

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

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

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

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

Obrázek 3: Vzorec pro kalkulaci herního externího zatížení (Nicolella et al., 2018).

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

4.2.3 Statistické zpracování dat

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

- Ověřování předpokladu normality bylo analyzováno pomocí Shapiro-Wilko testu.
- Ověřování předpokladu homogenity bylo analyzováno pomocí Bartlett testu.
- Významnost odlišnosti dvou faktorů bylo analyzováno pomocí Dvou-Výběrového Student T-Test s konfidenční hodnotou 95 % ($p < 0,05$).
- Pro výpočet velikosti účinku (míry síly jevu) rozdílů HZ ve výsledku rozehry byl použit Cohenův koeficient (ES) "d" (Cohen, 1992). Hodnoty „d“ byly podle Cohen

(1992) nastaveny jako $d > 0,8$ = velký efekt, $d = 0,2$ až $0,8$ = střední efekt, $d < 0,2$ = malý efekt.

- Významnost odlišnosti více než dvou faktorů bylo analyzováno pomocí jednofaktorové neparametrické analýzy rozptylu (Kruskal-Wallis) s konfidenční hodnotou 95 % ($p < 0,05$).
- Výsledky vícenásobné komparace p hodnot byli posouzeni pomocí metody korekce post-hoc Bonferroni.

5. VÝSLEDKY PRÁCE

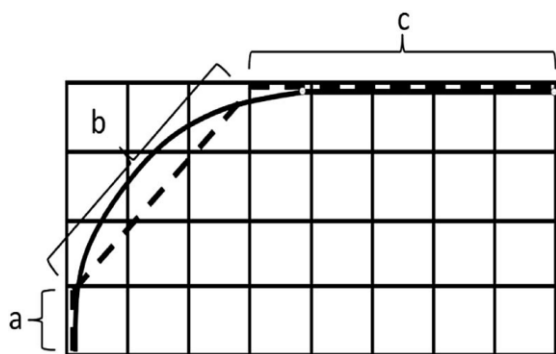
Celkem bylo evaluováno 14 hráček (věk = 25 ± 6 roku; výška = $182,3 \pm 6,2$ cm; hmotnost = $72,1 \pm 5,8$ kg) v celkem 4 setech. 85 % všech rozeher mělo trvání do 12,4 s a 95 % trvalo do 18 s. Průměrná délka trvání roze hry dosahovala $7,76 \pm 5,1$ s. V rozsahu 0,7 m až 2 m bylo provedeno $91,8 \pm 1,3$ % úseků distance pohybu nad 0,7 m. V rozsahu 0 m až 0,7 m dosáhl post smečář 60,5 % z celkové distance pohybu. U blokaře to bylo 59,8 %, nahrávač dosáhl 54,1 %, univerzál dosáhl 62,1 % a libero 57,9 %. Nejvyšší poměr pohybu dosáhl post smečář pro směr vpřed (35,8 %). Nejvyšší distanci pohybu dosáhl post nahrávač (1648 m). Hráči dosahovali 50% hodnoty rychlosti od 1,32 m/s směrem vzad u postů blokař a nahrávač, až po maximální rychlost v q50 pro post nahrávač s hodnotou 2,09 m/s a blokař s 2,08 m/s. Deskriptivní statistika celkem 997 distancí evaluovala, že 85 % všech rozeher mělo celkové herní zatížení do 417,5 a 95 % dosahovalo celkové herní zatížení do 654,1. Průměrná hodnota celkového herního zatížení dosahovala pro roze hry $252,2 \pm 188,9$. Analýza neprokázala sig. rozdíl mezi distancemi pohybu jednotlivých postů ($p = 0,7151$). Analýza prokázala sig. rozdíl mezi intenzitami herního zatížení pohybu ($p < 2,2e-16$). Analýza prokázala sig. rozdíl mezi celkovým herním zatížením pohybu jednotlivých postů ($p = 0,004919$). Analýza prokázala sig. rozdíl mezi 554 analyzovanými celkovými herními zatíženími pohybu hráčů ve vyhraných nebo prohraných roze hrách ($t = 2,2774$, $df = 990,3$, $p = 0,02298$), ale výsledek neprokázal střední velikost účinku ($d = 0,12$). Jedním z nejdůležitějších zjištění této práce bylo, že každý z postů dosáhnul 60 % z celkové distance pohybu za utkání v úsecích o rozsahu 0 až 0,7 m. Velmi důležitým zjištěním v této studii bylo, že explozivní herní zatížení (ve zrychlení nad $3,5 \text{ m/s}^2$) tvořilo až 77,4 % z celkového herního zatížení.

6. DISKUZE PRÁCE

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

Studie Palao et al. (2009) komparuje četnosti pohybů mezi utkáním elitních žen a mužů. Oboje pohlaví dosahovalo přibližně stejného počtu podání (820 vs. 812). Ženské utkání vykazovalo menší četnost skákaného rotovaného podání (301 vs. 585), ale naopak, bylo dominantnější v podání ze stoje (392 vs. 26). U obou pohlaví dominoval příjem odbitím obouruč spodem (93 %) a nahrávání obouruč vrchem (80 %). Posledním rozdílem byl počet útoků. Ženské utkání dosahovalo pravděpodobně delších rozehér a dosáhlo četnosti 1103 útoků (vs. 858). Standardní technika útoku tvořila u mužů 87 % a u žen 77 % (22 % tvořil především útok z jedné nohy ze zón 2 a 3). Gageler et al. (2015) se zaměřila přímo na metodu automatizovaného systému pro detekci výskoků ve volejbalovém tréninku a získala úspěšnost s ním 95 % úspěšnost (celkem 1201 výskoků za trénink). Costa et al. (2012) taky komparoval četnosti herních činností žen a mužů v utkání a vyhodnotili téměř stejné poměry. Muži dominovali ve skákaném podání všech druhů (77 %) a ženy v podání ze stoje, nebo plachtícího z výskoku (88 %). V ženských utkáních dominoval útok umístěním (59 %) oproti mužskému, který měl spíše silový charakter (55 %). Charlton et al. (2017) vyhodnotil celkovou četnost vertikálních výskoků na 1307. Z toho blok tvořil 433, smeč 428, podání 106 a nahrávka dokonce 303 skoků. Četnost byla měřena malým přenosným akcelometrem v době modelové hry. Skazalski et al. (2018) už přináší poznatky z celkem 129 173 výskoků zaznamenaných ve 108 trénincích, 27 oficiálních utkáních a 7 přátelských utkáních. Velmi důležitým zjištěním bylo, že nahrávači dosáhli nejvyšší průměrné četnosti výskoků jak v tréninku (134) tak v utkání (100), ale univerzály dosáhli nejvyšší intenzity výskoků (68 % výskoků bylo maximálních). V utkání dosahovali průměrné četnosti 77 výskoků, od 64 pro smečáře, do 100 výskoků pro nahrávače. Studie Baneka et al. (2009) popisuje, že nahrávači tvořili celkem 15,8 % ze zranění hráčů. Nejvyšší četnost zranění dosáhli zranění kotníků a chodidla (38,9 %) a druhé byly zranění kolena (24,4 %). 24 % všech zranění bylo způsobeno únavou, dalších 25 % kontaktem s jiným hráče (stoupnutí na nohu) a 23 % bylo při přílišném natažení svalu. 4roční studie Bere et al. (2015) výskytu zranění elitního volejbalu ukázala, že nejvíce dosáhl kotník s 27 % a druhé bylo koleno s 18 %. Zátěž dolních končetin ve volejbale je kritická. Je to jeden z důvodů, proč by měl monitoring zátěže tvořit součást každého tréninku.

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



Obrázek 4: Dráha pohybujícího se hráče pomocí rastrování studií Mroczek et al. (2014). Plynulá čára je kreslený pohyb hráče; přerušovaná čára je měřená vzdálenost.

menší participaci postů Libero a Blokař v utkání a všechny hodnoty celkových distancí pohybu komparovala (i statisticky) mezi posty bez ohledu na tento důležitý fakt. Průměrné distance rozeher v jednotlivých setech nedosáhli sig. rozdílnosti ($p < 0,05$). Nejdelší distanci zaznamenala studie pro post Nahrávač ($1,630 \pm 170$ m), následoval Univerzál ($1,448 \pm 112$ m), Smečař ($1,383 \pm 102$ m), Libero ($1,372 \pm 103$ m), nejkratší distanci dosáhl Blokař (788 ± 92 m). Polská studie prokázala sig. rozdílnost jak mezi celkovou distancí Blokaře a ostatních postů v celém utkání, tak i v jednotlivých setech, kde Blokař vždy dosahoval nejkratší distance pohybu (265 ± 40 m; $p < 0,005$).

Distance pohybu je značně prozkoumaná ve sportovních hrách jako je fotbal, rugby nebo australský fotbal. Studie Beato et al. (2018) zjistila celkovou průměrnou distancí u hráčků futsalu 2737 ± 207 m s průměrnou tepovou frekvencí 83 ± 3 % maxima. Studie zjistila sig. rozdílnosti ($p < 0,05$) mezi distancí v první a druhé polovině utkání (1424 ± 114 vs 1313 ± 113 m, $ES = 0,97$), ale nekomparovala hráče mezi sebou. Naopak Trewin et al. (2018) analyzoval fotbal žen. Distance v průměru konala 10368 ± 952 m (což je blízká hodnota mužů od Dalen et al. (2016)). Dále uvádí, že 91 % distance dosáhli v pomalém běhu (pod $4,58$ m/s). Hráčky fotbalu ve studii Trewin et al. (2018) dosahovali 174 ± 33 počtu úseků se zrychlením nad $2,26$ m/s². Autoři Dalen et al. (2016) zhodnotili ze 45 fotbalových utkání

(90 min), že hráči dosáhnou průměrnou distancí 10200 ± 785 m v rychlostech pohybu do 19,7 km/h a 1061 m v rychlosti nad 19,8 km/h (7–10 % z pohybu tvoří akcelerace nad 2 m/s²), ale jednotlivé hráčské specializace vykazují velké rozdíly v objemu distance v rychlostech mezi 19,7 až 25 km/h. Clemente et al. (2019B) sdělila, že fotbalový hráč může dosáhnou celkovou distancí i 19000 m. Studie ukazují, že distance každé herní specializace byla determinována specifickým postavením ve hřišti, a proto musí být objem tréninku taky nastaven podle individuálních nároků.

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

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

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

- Jedním z nejdůležitějších zjištění této práce bylo, že každý z postů dosáhnul 60 % z celkové distance pohybu za utkání v úsecích o rozsahu 0 až 0,7 m. V takto krátkých úsecích pohybu do jednoho metra s konstantním střídáním směru pohybu dosáhli všechny posty (mimo Blokaře), za jedno utkání 4 setů, přibližně 600 m. Pozoruhodným údajem je taky výkon distance u Libera, který sice participoval jenom v 77 % rozehry, ale dosáhl skoro stejné distance (578,7 m) jako posty, které se účastnili všech rozehry v utkání (od 601,6 m pro Univerzála až do 690,4 m pro Nahrávače). Nejvyšší distancí v krátkém rozsahu pohybu do 0,7 dosáhl právě Nahrávač (690 m) a hned za ním následoval post Smečar (640 m). Z expertního posouzení, post Libero dosahoval právě nižší hodnoty jenom v distancích úseků delších než 0,7 m (798,1 m), kde dosáhl mimo Blokaře nejnižší výsledek (Smečar a Univerzál dosáhli až 980 m v úsecích delších než 0,7 m).

Koeficient externího herního zatížení (HZ) jsme pro tuto disertační práci determinovali jako kumulaci jednotlivých zrychlení pro všechny osy pohybu u všech postů v každé rozehrě. Pro bližší specifikaci HZ jsme sledovali rozdílné roviny pohybu a taky intenzit HZ podle úrovně zrychlení. Tento typ vyhodnocení akutních změn rychlosti pohybu ve všech třech osách nám nabízí informace o určité „pohybové strategii“ hráče. V průběhu utkání nám může odhalit úroveň únavy (Barret et al., 2016). Tento parametr (anglicky Player Load; PL) je ve sportovních hrách evaluován hlavně akcelometrem. Na denní bázi je využíván ve sportovních hrách jako je fotbal, rugby a americký fotbal nebo basketbal. Podle podle Trewin et al. (2018), ve fotbalovém utkání žen dosahují dospělé hráčky průměrného herního zatížení 1096 ± 239 . Komparace hráčů byla provedena jenom deskriptivně. Svilar et al. (2018) hodnotil herní zatížení v basketbale, ale v mužské kategorii. Hodnoty dosahovali $314,9 \pm 90,0$, ale studie neobsahovala analýzu mezi hráči. Vázquez-Guerrero et al. (2018) využila stejnou metodu a zjistila výrazné rozdíly mezi úrovní akcelerace a decelerace ($p < 0,05$; $ES = 0,54$) a hlavně v zatížení v rychlostech nad 3 m/s^2 mezi jednotlivými hráčskými specializacemi. Oboje studie pracovali s mužskými hráči. Kniubaite et al. (2019) vyhodnotil velikost HZ v utkání házené žen. Tato studie rozlišovala celkový čas utkání a aktuální čas, kdy vyloučili všechny přestávky a hráčky byly na hřišti. Herní zatížení dosahovalo $335 \pm 142,3$ s průměrnými $84,8 \pm 5,1$ % TFmax. Tyto hodnoty je velmi těžké srovnávat s naší studií. Herní zatížení volejbalistek se odráží ve velkém množství rychlých pohybů nad $3,5 \text{ m/s}^2$. Navzdory tomu, že v naší studii dosáhli čistého hracího času 21,1 min, průměrné celkové herní zatížení HZ_{Full} dosáhlo hodnotu $252,2 \pm 188,9$. Úrovně HZ jsme statisticky srovnávali mezi jednotlivými herními specializacemi, posty. Analýza ukázala sig. rozdílnost ($p < 0,05$) mezi HZ_{Full} mezi postem Nahrávač a Univerzál (median 189,3 vs 165,5). Výrazně, no ne sig. nejvyššího výsledku dosahoval post Libero s $294,5 \pm 212,5$. Průměrná maximální hodnota dosahovala v nejdelších rozehrách až 1157,1 no 85 % všech rozeher obsahovalo HZ do 417,5. Analyzované byli celkem 4 sety, které po součtu údajů všech pěti hráčských specializací umožnili komparaci mezi celkem 997 údaji. S podobným principem evaluovala HZ volejbalistek studie Vlantes & Readdy (2017). Použila akcelometry „Catapult Optimeye S5“ v utkání americké vysokoškolské ligy žen. Průměrně dosahovali hráčky ve 4 setovém utkání HZ $446 \pm 98,9$ a nejvyšší hodnotu dosahoval post Nahrávač $627 \pm 25,6$. Studie taky potvrdila sig. rozdíl ($p < 0,01$) v celkovém HZ mezi Nahrávačem a ostatními posty (Smečář, Libero a Blokař). Post Univerzál studie pravděpodobně přiřadila k Smečářům. Dále taky potvrdila rozdíl mezi HZ Smečářů a Libera. Rozdíl mezi HZ ve 3 setovém a 4 setovém utkání ukázal nárůst HZ o 25,1 %. Hodnoty této studie jsou relativně vyšší ($252,2 \pm 188,9$ vs. $446 \pm 98,9$), ale ne zcela odlišné. V naší práci, post-hoc analýza ukázala těsný výsledek taky mezi posty Nahrávač vs. Smečář ($p = 0,087$) a Libero vs. Univerzál ($p =$

0,077). Rozdílnost může způsobovat samotná metoda sběru dat (akcelometr s frekvencí náběru 100 Hz) a taky samotný herní projev družstva. Z dostupných vědeckých studií, se tato nejvíce přibližuje našemu tématu.

Ve sportovních hrách komparovala herní zatížení s výsledkem utkání studie Vučkovic & James (2010), konkrétně distanci pohybu mezi 1429 vyhranými a prohranými rozechrami v squashu. Výherci všech různě dlouhých rozehér dosáhli v průměru o 0,71 m ($p < 0,05$) kratší distanci (poražený dosáhl ve 41,4 % rozehrách kratší distanci). Závěrem bylo, že donucení soupeře o dosažení delší distance pohybu není jistým předpokladem k výhře. Studie využila taky automatizovaného trasování hráčů, která snímala hřiště kolmo z vrchu. Studie Sánchez-Moreno et al. (2015) hodnotila taky úspěšnost utkání vzhledem k trvání rozehér. Vítězství v dlouhých rozehrách (čas > 10 s) zvyšovalo vítězství v nadcházející rozehře celkem 1,65 krát ve srovnání s krátkými rozehrami (čas < 6 s) a 1,62 krát ve srovnání se středně trvajících rozehrami (čas 6 až 10 s). Je obtížné říct, jestli se 10 s rozehra dá pokládat za dlouhou, jelikož 85 % všech námi zkoumaných rozehér dosahovalo čas do 12,4 s a 95 % do 18 s. Studie zdůrazňuje důležitost dlouhých rozehér, jako kritického okamžiku pro mobilizaci družstva do vítězství. Naopak, čím kratší byla rozehra pro družstvo ve fázi „side-out“, tím větší byla pravděpodobnost výhry. Sanders et al. (2018) využil akcelerometry pro evaluaci zatížení ve formě četnosti decelerací a akcelerací mezi výherními a prohranými utkáními, sice výherní utkání dosahovali vyššího počtu akcelerací ($22,2 \pm 8,9$ vs. $19,1 \pm 5,4$), nebyla prokázána sig. významnost rozdílu. Pozitivní výsledek ($p < 0,05$) zjistili jenom u efektivnosti útoku mezi prohranými a vyhranými rozehrami ($0,266 \pm 0,190$ vs. $0,130 \pm 0,129$). Analýza mezi zatížením (četnosti výskoků) výherních a prohraných rozehrách neprokázala ve studii Sheppard et al. (2009) statistickou významnost mezi žádnými z hráčů ($p < 0,05$).

7. ZÁVĚR PRÁCE

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

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

REFERENCE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

182. Silva, M., Sattler, T., Lacerda, D., & João, P. V. (2016B). Match analysis according to the performance of team rotations in Volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(3), 1076-1086.
183. Skazalski, C., Whiteley, R., & Bahr, R. (2018). High jump demands in professional volleyball—large variability exists between players and player positions. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(11), 2293-2298.
184. Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2415-2423.
185. Svilar, L., Castellano, J., & Jukić, I. (2018). Load monitoring system in top-level basketball team: Relationship between external and internal training load. *Kinesiology*, 50(1), 25-33.
186. Sweeting, A. J., Aughey, R. J., Cormack, S. J., & Morgan, S. (2017). Discovering frequently recurring movement sequences in team-sport athlete spatiotemporal data. *Journal of Sports Sciences*, 35(24), 2439-2445.
187. Šimonek, J., Horička, P., & Hianik, J. (2017). The differences in acceleration, maximal speed and agility between soccer, basketball, volleyball and handball players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(1), 73-82.
188. Tabor, P., Urbanik, C., & Mastalerz, A. (2018). Direction and velocity of the ball in volleyball spike depending on location on court. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 25(4), 3-7.
189. Táborský, F. (2005). *Sportovní hry 2: základní pravidla, organizace, historie*. Grada Publishing as.
190. Tilp, M., Wagner, H., & Müller, E. (2008). Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Sports Biomechanics*, 7(3), 386-397.
191. Trajković, N., Madić, D., Sporiš, G., Jašić, D., & Krakan, I. (2016). Skill and game-based training as an integral part of volleyball conditioning. *Acta Kinesiologica*, 10(Suppl 1), 41.
192. Tramel, W., Lockie, R. G., Lindsay, K. G., & Dawes, J. J. (2019). Associations between absolute and relative lower body strength to measures of power and change of direction speed in Division II female volleyball players. *Sports*, 7(7), 160.

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

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

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