

PŘÍMÉ PODÁNÍ A JEHO ÚSPĚŠNOST VE VZTAHU K NADHOZU U TENISOVÝCH HRÁČEK

THE TOSS OF SUCCESSFUL AND UNSUCCESSFUL FLAT SERVES OF FEMALE TENNIS PLAYERS

J. Carboch, & D. Hrychová

Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu

Abstract

The flat serve reaches the highest speeds. To execute it successfully, the key is to toss the ball correctly and hit it. The aim is to determine the relationship between the toss and the success of the flat serve in female tennis players. We observed 8 competitive female adult tennis players who served 40 flat serves each. They were videotaped on a high-speed camera (200Hz) from the side view. On the basis of 2D kinematic analysis, we evaluated the racket-ball impact during 1) successful serves 2) serves into the net 3) serves fault-long 4) serves fault-wide. Using repeated measures ANOVA, the results showed that the toss peak was significantly lower (approx. 5 cm) for fault serves wide $351,7 \pm 21,9$ cm ($p < 0.05$) compared to all other serve outcomes. The ball impact did not show any statistically significant differences, although fault serves wide had racket-ball contact closest to the baseline, and serves into the net the furthest. Kinematic analyses revealed some characteristics and variability in serve toss of selected serve outcomes. The serve toss affects the success of the serve, but players can to some extent use their own movement skills to compensate for its inaccuracies and make corrections in their movement to achieve a successful serve. One reason for fault serve wide is a low toss.

Keywords: kinematic analysis; first serve; movement skills; game performance

Souhrn

Přímé podání dosahuje nejvyšších rychlostí. Pro jeho úspěšné provedení je základem si správně nadhodit míč a zasáhnout ho. Cílem je zjistit, jaký vztah má nadhoz na úspěšnost prvního (příného) podání u hráček tenisu. Sledovali jsme 8 závodních hráček tenisu dospělé kategorie. Každá z nich provedla 40 přímých podání. Ty byly natáčeny na rychloběžnou kameru (200Hz) z bočního pohledu. Kartézský souřadný systém obsahoval osu X (ve směru základní čára – síť) a osu Y (výšku od země). Na základě 2D kinematické analýzy jsme hodnotili bod vrcholu nadhozu a zásahu míče u podání dle kategorií jeho úspěšnosti: 1) úspěšné 2) do sítě 3) do autu – dlouhý 4) do autu – do strany. Data byla analyzována analýzou rozptylu pro opakovaná měření. Výsledky ukázaly, že vrchol nadhozu byl statisticky významně nižší (cca o 5 cm) u podání do autu do strany ($351,7 \pm 21,9$ cm) proti ostatním třem sledovaným kategoriím úspěšností podání ($p < 0,05$). Zásah míče neukázal žádné statisticky významné rozdíly, i když podání do autu do strany byla zasahována nejbližší základní čára a podání do sítě nejdále. Kinematická analýza ukázala určité charakteristiky nadhozu dle kategorizace úspěšnosti i jistou jeho variabilitu. Nadhoz podání ovlivňuje úspěšnost podání, avšak hráčky mohou do jisté míry pomocí vlastních pohybových dovedností kompenzovat jeho nepřesnosti a korigovat svůj pohyb a docílit úspěšného podání. Jedním z častých důvodů podání do autu do strany je nízký nadhoz.

Klíčová slova: kinematická analýza; první podání; pohybové dovednosti; herní výkon

Úvod

Podání je klíčovým úderem v tenise, protože každá rozehra začíná právě tímto úderem. Existuje několik typů podání, které se liší technikou provedení (Cross, 2011; Vorobiev et al., 1993). Úspěšné první podání může vést k přímému bodu nebo umožnit tenistovi převzít kontrolu nad rozehrou a vytvořit si výhodnou pozici pro zbytek hraného bodu. Naopak, pokud je podání nekvalitní, může hráč skončit v roli bránícího se tenisty a dostat se do nevýhodné situace.

Podání je jedním z nejdůležitějších úderů během zápasu a zároveň nejčastějším úderem v tenisové dvouhře, tvořící 45 % - 60 % z celkového počtu úderů v zápase (Johnson et al., 2006; O'Donoghue a Ingram, 2001). Význam prvního podání zdůrazňuje také Carboch (2017), který uvádí, že na Australian Open v roce 2016 měla účinnost prvního podání u mužů hodnotu 72 % u vyhraných míčů po úspěšném podání, zatímco u žen to bylo pouze 65 %. Nejmenší rozdíl mezi muži a ženami byl zaznamenán na French Open, kde se hraje na pomalém antukovém dvorci, což vedlo k rozdílu jen 4 % (67 % u mužů a 63 % u žen). Největší rozdíl pak byl na Wimbledonu, kde travnatý povrch s rychlými a nízkými odskoky podmínil výraznější výhodu mužů, kteří vyhráli 75 % míčů po prvním podání, zatímco ženy 66 %.

První podání představuje pro přijímajícího hráče větší nebezpečí, protože je obvykle mnohem razantnější než druhé podání. Díky vyšší rychlosti podání má přijímající hráč výrazně méně času na jeho odehrání. Ideálně by hráč měl mít úspěšnost alespoň 70 % u prvních podání (Brabenec, 1997). Přímé podání je jedním typem prvního podání. Jedná se o podání, které se snaží hráč zahrát bez záměrné rotace. To znamená, že má nejprímější trajektorii, proti ostatním typům podání, kde díky rotaci míč zatáčí do strany nebo klesá rychleji dolů. Minimální rotace míče a přímá trajektorie umožní maximální možné rychlosti, na rozdíl od druhého podání, kde rotaci už využívá a kontrola míče nad tímto podáním je snazší (Carboch, 2022).

Naučit se správný a kvalitní nadhoz je zásadní, protože právě ten rozhoduje o kvalitě a úspěšnosti podání (Scholl, 2008). Jde především o jeho správnou výšku, pozici vzhledem k postavení hráče a stabilitu, protože i sebemenší nepřesnost může negativně ovlivnit celé podání. Profesionální muži mají stabilnější výšku nadhozu oproti juniorským hráčům (Vacek et al., 2023). Přestože Crespo a Miley (2002) doporučují používat stejný nadhoz pro všechny typy podání z toho důvodu, aby soupeř nepoznal, kam bude podání směřovat. Předěšlé studie poukazují na to, že hráči si na podání s horní rotací nadhazují míč jinak než na podání s boční rotací a na přímé podání (Abrams et al., 2011; Carboch a Příbylová, 2015; Reid et al. 2011). To samé platí i u druhého podání, které je mířeno na „těčko“ a ven z dvorce. Elitní hráči však někdy úmyslně nadhozem klamou, aby zmátli soupeře (Vernon et al., 2018; Carboch et al., 2022). Úspěšnost prvního na elitní úrovni se pohybuje okolo 60 %. (Carboch, 2017). Cílem je zjistit, jaký vztah má nadhoz na úspěšnost prvního (přímého) podání u hráček tenisu.

Metody

Výzkumný soubor

Výzkumu se zúčastnilo celkem 8 závodních hráček tenisu hrající pravou rukou s průměrným věkem $22 \pm 3,6$ let, výškou $168 \pm 4,3$ cm, váhou $59 \pm 2,7$ kg a umístěním $51 \pm 48,3$ v rámci ČR. Jejich soutěžní činnost probíhá na turnajích kategorie A, B, C a u soutěží družstev úroveň divize a výše. Testované hráčky hrají tenis od svých 5-8 let. Tito testovaní jedinci pravidelně hrají tenis několikrát týdně a současně a rovněž pravidelně hrají turnaje jednotlivců a soutěže družstev.

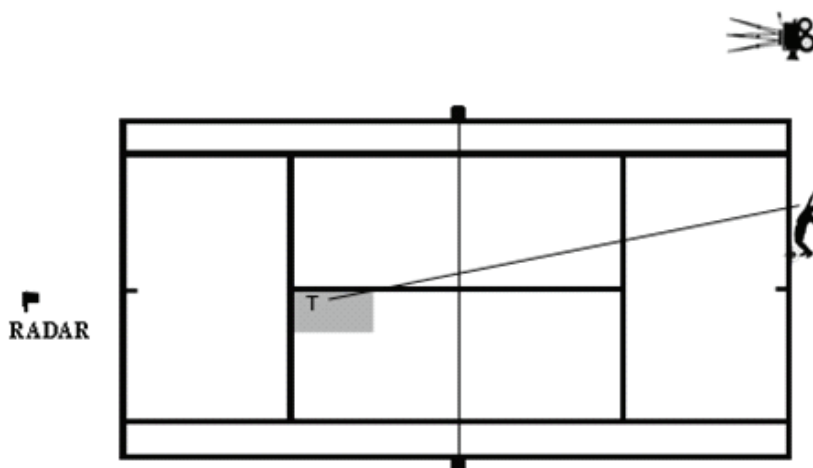
Měřicí procedury a aparatura

Měření probíhalo na jednom stejném krytém dvorci za standardních podmínek bez vlivů vnějších klimatických podmínek. Testovaní hráči byli seznámeni s úkolem a činností, kterou budou provádět (zahrát 40 prvních přímých podání jako v utkání s největší možnou rychlostí do předem vymezeného území). Následovalo standardní rozcvičení a rozehrání, včetně podání (Carboch a Hrychová, 2022). Testovaná hráčka odehrála celkem 40 (4 série po 10) prvních (přímých) podání z pravé strany dvorce, které byly mířeny na „těčko“ (spojnice střední čáry pro podání a čáry podání) do území vyznačeného kužely širokého 1,5m (viz. obr. 1). Každá hráčka podávala vždy ze stejného místa. Tzn., že špička jeho přední nohy při zahájení podání začínala vždy ze značky, umístěné na základní čáře 1m od středu základní čáry. Hráčka pokaždé podala 10 podání, poté následovala dvou minutová odpočinková pauza.

Pro pořízení videozáznamu byla použita rychloběžná kamera Basler GeniCam piA640- 210gc se snímkovací frekvencí 200 Hz, která byla připojena k počítači. Tato kamera byla umístěna v prodloužení základní čáry ve vzdálenosti 2,5m za postranní čarou a ve výšce 150 cm. Před každým měřením byla provedena kalibrace z místa, kde hráč začínal svá podání. K měření rychlosti byl použit Radar Stalker Pro II., který byl umístěn dva metry za základní čarou přímo na druhé polovině dvorce u střední značky pro podání.

Obrázek 1./ Figure 1.

Rozmístění na dvorci./ Experiment set-up.



Vyhodnocení dat

Odehraná podání byla kategorizována na: 1) Podání do sítě 2) Dobrá podání (míč dopadl do vymezeného území širokého 1,5m od střední čáry pro podání) 3) Aut – dlouhý 4) Aut – do strany. Videozáznamy byly analyzovány v programu Dartfish 10 a byly vyhodnoceny pomocí 2D analýzy. Kartézský souřadný systém byl definován před každým pokusem, abychom zamezili nechtěnému posunu nohy podávajícího. Výchozí bod 0 byl umístěn u špičky boty (Carboch et al., 2018; Chow et al., 2003; Reid et al., 2011). Osa X představuje vzdálenost zásahu míče od základní čáry směrem k síti. Osa Y zase v jaké výšce hráči odehrávali míč. Hodnotil se 1) pozice nejvyššího bodu nadhozu 2) zásah raketa-míč (prvního kontakt s míčem). Naměřená data byla zpracována pomocí základních deskriptivních charakteristik, dále pro zjištění statické významnosti byla provedena analýza rozptylu pro opakovaná měření. Pro určení významnosti mezi vlastnostmi nadhozu u výsledků podání byly provedeny post-hoc testy (Bonferroni) s hladinou statistické významnosti $\alpha = 0,05$. Pro určení věcné významnosti jsme spočítali Cohenovo d , které můžeme interpretovat jako malý efekt (0,20 to 0,49), střední efekt (0,50 to 0,79), velký efekt ($d \geq 0,80$) (Cohen, 1988).

Výsledky

Analýza rozptylu pro opakované měření ukázala statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými kategoriemi podání (dobré, do sítě, dlouhé do autu a aut do strany) na ose Y, tj. maximální výšce nadhozu, $F(3,21) = 7,16$, $p = 0,002$, $\eta^2 = 0,013$. Post-hoc testy při vzájemném porovnání ukázaly významný rozdíl maximální výšky nadhozu mezi podáním do sítě vs. aut do strany ($p = 0,031$); mezi dobrým podáním vs. aut do strany ($p = 0,025$); a mezi autem dlouhým vs. autem do strany ($p = 0,026$). Na ose X nebyly zjištěny žádné významné rozdíly. Věcná významnost ukázala jen malý nebo žádný efekt jak na ose X i Y. Průměrná rychlost podání dosáhla $147,2 \pm 8,6$ km/h.

Průměrné hodnoty bodu zásahu všech hráček uvádí tabulka 2. Analýza rozptylu pro opakované měření neukázala žádné významné rozdíly v bodě zásahu, tedy v okamžiku, kdy hráčky raketa přišla do prvního kontaktu s míčem, na ose X a ani na ose Y mezi jednotlivými kategoriemi výsledných podání. Věcná významnost ukázala jen malý nebo žádný efekt jak na ose X i Y.

Tabulka 1./ Table 1.

Vrchol nadhozu u jednotlivých hráčů./ Toss peak of all participants.

Hráč/Participant	Síť (Net)		Dobré podání (Serve in)		Aut dlouhý (Fault long)		Aut do strany (Fault wide)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	41,1	328,3	36,3	326,6	34,6	328,4	28,5	316,5
2	51,6	339,0	50,1	341,2	54,1	337,0	51,8	333,8
3	30,7	366,3	32,8	375,6	30,5	370,7	31,0	366,4
4	31,6	373,5	27,0	372,7	28,2	370,0	26,0	368,5
5	22,6	364,9	21,8	364,9	20,5	362,3	21,0	358,5
6	34,3	334,0	34,7	328,0	33,8	330,9	35,0	329,0
7	42,6	379,8	41,6	375,4	43,7	380,9	39,8	373,3
8	54,3	369,0	52,9	373,1	53,4	376,4	51,4	367,9
Průměr/Mean	38,6	356,9*	37,2	357,2[#]	37,4	357,1^{\$}	35,6	351,7*[#]^{\$}
SD	10,8	19,9	10,7	21,6	12,0	21,5	11,4	21,9

Poznámka. Jedná se o průměrné hodnoty v cm; *[#]statisticky významný asociace ($p < 0,05$). Mean values are in cm; *[#]significantly different associations ($p < 0,05$).

Tabulka 2./ Table 2.

Zásah míče u jednotlivých hráčů./ Racket-ball contact point of all participants.

Hráč/Participant	Síť (Net)		Dobré podání (Serve in)		Aut dlouhý (Fault long)		Aut do strany (Fault wide)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	63,4	227,2	56,6	226,7	52,1	226,0	43,5	222,5
2	75,7	219,2	75,8	221,4	81,9	222,1	79,0	221,3
3	44,7	253,3	50,3	254,8	46,1	253,4	48,0	252,8
4	46,0	247,1	34,8	249,4	39,4	247,6	33,5	247,5
5	44,9	263,2	44,3	263,4	43,4	264,1	39,8	263,0
6	42,0	249,0	42,4	244,4	41,3	246,0	41,7	248,0
7	64,0	239,8	63,4	239,4	70,0	240,2	57,5	237,5
8	65,4	245,5	63,1	243,6	62,5	242,5	59,4	246,1
Průměr/Mean	55,8	243,0	53,8	242,9	54,6	242,7	50,3	242,3
SD	12,8	14,1	13,4	13,9	15,4	13,7	14,5	14,5

Poznámka. Jedná se o průměrné hodnoty v cm. Mean values are in cm.

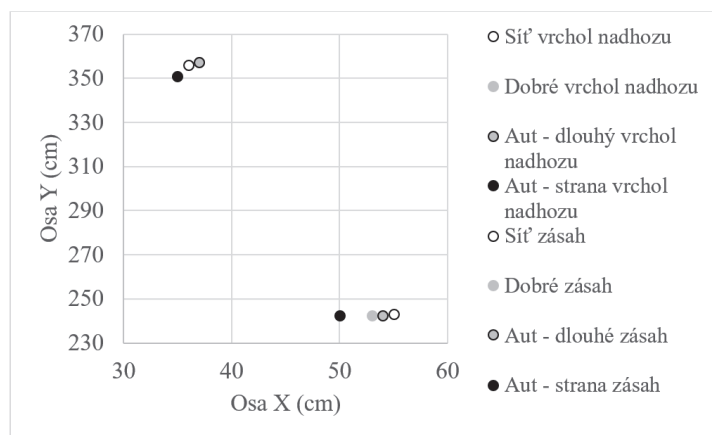
Diskuze

Cílem je zjistit, jaký vztah má nadhoz na úspěšnost prvního (přímého) podání u hráčů tenisu. Tyto zjištění jsme hodnotili z pohledu vrcholu nadhozu a zásahu míče. Zásah míče neukázal žádné významné rozdíly, ale u auto do strany byl bod zásahu blíže hrásky na ose X, oproti jiným úspěšným či neúspěšným podáním. Vrchol nadhozu ukázal statisticky významné rozdíly v jeho maximální výšce u následného autu do strany oproti ostatním třem sledovaným kategoriím úspěšnosti podání.

I když se vrchol nadhozu u sledovaných kategorií podání jeví jako srovnatelný, výsledky ukázaly významný rozdíl výšky u nadhozu u podaných do autu do strany oproti ostatním podáním. Tento výsledek, nejnižší hodnota v tomto případě, může znamenat nepatrně méně času na provedení podání, vzhledem k tomu, že zásah míče proběhla ve stejné výšce. Tento menší čas může způsobit to, že raketa se nestihne během podání dostat do takové pozice, aby byla správně nastavena pro úspěšný směr podání. Pokud se bavíme o správném nastavení rakety v zásahu míče, jedná opravdu o nízké hodnoty v rámci mm, či pár úhlových stupňů, čemuž by mohl odpovídat i minimálně zkrácený čas pro podání.

Obrázek 2./ Figure 2.

Grafické znázornění vrcholu nadhozu a zásahu míče u jednotlivých kategorií úspěšnosti podání./ Toss peak and racket-ball contact for various serves outcomes.



Legenda. Vrchol nadhozu u dobrého podání je shodný s autem – dlouhý. Toss peak off serve in is at the same point as toss peak for fault-long.

Zásah míče se ukázal jako konzistentně zasahovaný ve stejné výšce, ale v jiné vzdálenosti od základní čáry. I když zásah míče neukázal žádné významné rozdíly, můžeme to chápat jako opravdu malinkaté rozdíly v rychlém provedení podání, které mohou být i statisticky nevýznamné – jedná se o správné nastavení a úhel rakety v zásahu. Současně pak ale rozhoduje i předešlý průběh nadhozu (výška nadhozu, doba letu míče v nadhozu, kdy podávající hráčka využívá např. pohyby dolních končetin při zahájení podání). Jako zajímavé zjištění považujeme, že podání u autu do strany bylo zasahováno nejbližší základní čáry a podání do sítě zase nejdále. Stejně zjištění bylo dosaženo u studie u mužů (Carboch a Hrychová, 2022), Tento fakt můžeme chápat jako neschopnost, resp. obtížnost pro hráče zkoordinovat pohyby a raketu při podání při proměnlivosti nadhozu mimo ideální pozici mající tyto následky. I když hráči používají různý nadhoz pro určité typy podání (Carboch et al., 2018, Abrams et al., 2014), tak Reid et al. (2011) podporují naše výsledky, že u prvních přímých podání, která skončila ve dvorci jako dobrá a byla mířena na „těčko“, hráči zasahovali svá podání okolo 60 cm od základní čáry. I když dovednost nadhodit míč může dosahovat relativně stabilních výsledků, profesionální hráči prokazují vyšší stabilitu nadhozu (Vacek et al., 2022). Nadhoz pro jeden typ podání není vždy stejný a dosahuje jisté proměnlivosti (Whiteside et al., 2014). výše zmínění autoři uvádějí, že podle toho provedeného nadhozu dokáží dospělí hráči zkoordinovat např. úhel rakety, natočení ramen tak, aby míč zasáhli v co nejlepší pozici. Naopak dle jejich výsledků mladší hráči mají sníženou mechanickou kompenzaci (nedostatečně vyvinutá dovednost), protože při pohybu vpřed omezovali pronaci lokte v podávající ruce, aby snížili prostor pro chybu při úderu, takže nedokáží účinně reagovat na odchylky v nadhozu.

Úspěšnost podání je svázána dovednostmi spojováním pohybů (vizuální vnímání-akce) ve vztahu k nadhozu (Giblin et al., 2016). Podání je velice komplikovaná dovednost. Whiteside et al. (2013) nezaznamenali však rozdíly v kinematice pohybu úspěšného a chybného podání. Podle těchto autorů chybně zahrané podání nemá jediný zdroj biomechanické chyby. To lze odhadnout jen u podání zahraných do sítě, které jsou charakteristické projekčním úhlem zasažením míče, který je výrazně pod horizontální rovinu. Tento úhel může podávající hráč upravit pomocí kompenzace distálních loketních a zápěstních kloubů těsně před zásahem a také percepční zpětnou vazbou. Nejedná se tedy o jednu biomechanickou vadu, ale je třeba vnímat spojování celé akce v závislosti na průběhu podání. Z toho plyne, že během nadhozu, dle jeho vizuálního vnímání, zde vstupuje dovednost spojení pohybů, kdy tenisté umějí reagovat na různé nadhozy tím, že se přizpůsobí dobře a trajektorii míče a dokážou případný rozptyl kompenzovat pohyby po zbytek úderu. Toto tvrzení lze podpořit našimi výsledky z hlediska individuálních zásahů míče nebo ve studii Carboch a Hrychová (2022). Můžeme se tedy domnívat, že ideální pozice míče pro jeho zásah může zvýšit úspěšnost podání a čím více se tento bod zásahu vzdaluje, tím musí dojít k větší korekci, která může v jistých případech ovlivnit úspěš-

nost, případně i účinnost podání. Proto podání není „předprogramovatelné“ a vizuální zpětná vazba je klíčovým informátorem pro časově prostorovou regulaci podání. Z toho plyne, že i když nadhoz není zcela konzistentní, hráč dokáže na základě vizuálních informací upravit svou akci (pohyby) tak, aby dokázal zasáhnout a úspěšně odehrát míč (Giblin et al., 2015).

V poslední řadě je nutno zvážit individuální výsledky ve vztahu k úspěšnosti podání. I když hráčky zasahovali míč v pozici, kde byly zasaženy převážně dobrá podání, tak i v těchto místech zásahu se vyskytují neúspěšná podání. Na základě toho můžeme říct, že samotný nadhoz a správná pozice zásahu nezaručuje dobré podání a tím pádem je chybné podání způsobeno dalšími faktory, kterých může být mnoho. Když bychom měli shrnout ty nejvýznamnější, jedná se o špatný nadhoz (výška a směr), o špatnou koordinaci vlastních pohybů, chybné vnímání nadhozu, chybná časoprostorová anticipace místa zásahu, nedostatečná dovednost upravit své pohyby vůči proměnlivému nadhozu, či chybný úhel rakety během zásahu míče (Whiteside et al., 2015). U těchto všech hráčů a hráček se tedy jedná o značnou dovednost správně zkoordinovat velmi rychlé pohyby při podání vzhledem k nadhozu, kde jen minimální nepřesnosti mohou vést k chybnému podání.

Tento výzkum byl limitován směrovým umístěním, protože byl sledován pouze jeden směr, a to směr na „těčko“. Hráči v tenise využívají ale i další dva směry – ven z dvorce a „na tělo“, což v tomto výzkumu sledováno nebylo a byl zvolen pouze jeden typ podání. Dále hráči podávali pouze z pravé části dvorce. Výzkumný vzorek v této studii je relativně malý, tudíž je třeba uvážit reprezentativnost této studie. I přes tyto limitace se domníváme, že tato studie přináší zajímavé výsledky.

Závěr

Tato studie ukazuje kinematickou analýzu nadhozu v jeho vrcholu a bodu zásahu ve vztahu k úspěšnosti přímého podání v tenise. Během podání provádějí hráčky své pohyby a švih rakety velice rychle. Tato obtížná činnost poskytuje hráči jen malý prostor pro chybu a nepatrné odchylky mohou způsobit neúspěšné podání. Nadhoz a bod zásahu mají do jisté míry vztah k úspěšnosti podání, ale nejsou jedinou příčinou chybného podání. Důvody proč tomu tak je jsme rozebrali výše. Vrchol nadhozu se ukázal být významně nižší u podání do autu do strany oproti jiným podáním a zásah míče byl nejbližší základní čáry u téhož podání. Z toho plyne, že jedna z příčin chybného podání do strany je nízký nadhoz. Zásah míče nejdále od základní čáry znamenal chybná podání do sítě. Proto samotný trénink nadhozu je pro hráče velmi důležitý, především ve vztahu k vlastní koordinaci pro zásah, proto je důležité mu v trénincích věnovat značnou pozornost. Z praktického hlediska by měla být snaha hráče a hráčky nejen zastavit při špatně nadhozeném míči (což je běžnou praxí), ale i s pokročilými hráči úmyslně trénovat koordinaci pohybů a rakety při podání ve vztahu k (nedokonalému) nadhozu. Z metodického pohledu by bylo vhodné zařadit kombinace specifických cvičení pro trénink podání a nadhozu pro pokročilé i závodní hráče a hráčky, kdy 1) zasahují jen dobré nadhozy, 2) zasahují i relativně špatné; nebo úmyslně špatné nadhozy (v omezené míře) se snahou docílit úspěšného podání ve všech případech.

Poznámka

Tato studie byla vznikla za podpory: Cooperatio: Sports Science, Biomedical & Rehabilitation Medicine.

Literatura

- Abrams, G. D., Harris, A. H. S., Andriacchi T. P., & Safran M. R. (2014). Biomechanical analysis of three tennis serve types using a markerless system. *British Journal of Sports Medicine*, 48(4), 339–342.
- Abrams, G. D., Sheets, A. L., Andriacchi, T. P., & Safran, M. R. (2011). Review of tennis serve motion analysis and the biomechanics of three serve types with implications for injury. *Sport Biomechanics*, 10(4), 378–390.
- Brabenec, J. (1997). *Double your fun by playing smart doubles*. Tennisall. Inc.
- Carboch, J. (2017). Comparison of game characteristics of male and female tennis players at grand-slam tournaments in 2016. *TRENDS in Sport Science*, 4(24), 151–155.
- Carboch, J. (2022). *Vybrané indikátory herního výkonu v tenisu, vizuální vnímání a anticipace*. Karolinum.

- Carboch, J., & Příbylová, M., (2015). Porovnání nadhozu u různých typů podání mezi pohlavími v tenise. *Studia Kinanthropologica*, 16(1), 25–32.
- Carboch, J., & Hrychová, D. (2022). Přímé podání a jeho úspěšnost v souvislosti k nadhozu a zásahu míče u závodních hráčů tenisu. *Studia Kinanthropologica*, 13(1), 25–31.
- Carboch, J., Tufano J. J., & Süß V. (2018). Ball toss kinematics of different service types in professional tennis players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(6), 881–891.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. Lawrence Earlbaum Associates.
- Giblin, G., Farrow, D., Reid, M., Ball, K., & Abernethy, B. (2015). Perceiving movement patterns: Implications for skill evaluation, correction and development. *Revista Internacional De Ciencias Del Deporte*, 11(39), 5–17. doi: 10.5232/ricyde2015.03901
- Giblin, G., Whiteside, D., & Reid, M. (2016). Now you see, now you don't ... the influence of visual occlusion on racket and ball kinematics in the tennis serve. *Sports Biomechanics*, 16(1), 23–33. doi:10.1080/14763141.2016.1179337
- Chow, J. W., Carlton, L. G., Lim, Y., Chae, W., Shim, J., Kuenster, A. F., & Kokubun, K. (2003). Comparing the pre- and post-impact ball and racket kinematics of elite tennis players' first and second serves: A preliminary study. *Journal of Sport Sciences*, 21, 529–537.
- Johnson, C. D., McHugh, M. P., Wood, T., & Kibler, W. B. (2006). Performance demands of professional male tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(8), 696–699.
- O'Donoghue, P., & Ingram, B. (2001). A notation analysis of elite tennis strategy. *Journal of Sports Sciences*, 19(2), 107–115.
- Reid, M., Whiteside, D., & Elliot, B. (2011). Serving to different locations: Set-up, toss, and racket kinematics of the professional tennis serve. *Sports Biomechanics*, 10(4), 407–414.
- Vernon, G., Farrow, D., & Reid, M. (2018). Returning serve in tennis: A qualitative examination of the interaction of anticipatory information sources used by professional tennis players. *Frontiers in Psychology*, 9, 895.
- Vorobiev, A., Arid, G., & Dent, D. (1993). Biomechanical similarities and differences of A. Agassi's first and second serves. In Hamill J., Derrick T. R. & Elliot E. H. (Eds.), *Proceedings of the 11th Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports* (pp. 323–327). University of Massachusetts.
- Whiteside, D., Elliot, B., Lay, B., & Reid, M. (2013). A kinematic comparison of successful and unsuccessful tennis serves across the elite development pathway. *Human Movement Science*, 32(4), 822–835.
- Whiteside, D., Elliott, B. C., Lay, B., & Reid, M. (2015). Coordination and variability in the elite female tennis serve. *Journal of Sports Sciences*, 33(7), 675–686.
- Whiteside, D., Giblin, G., & Reid, M. (2014). Redefining the spatial consistency in the ball toss of the professional female tennis serve. In Sato, K., Sands, A. W., & Mizuguchi, S. (Eds), *32nd International Conferences on Biomechanics in Sports* (pp. 167–170). Johnson City, USA.
- Reid, M., Whiteside, D., & Elliot, B. (2011). Serving to different locations: Set-up, toss, and racket kinematics of the professional tennis serve. *Sports Biomechanics*, 10(4), 407–414.
- Vacek, J., Vagner, M., Cleather, D. J., & Stastny, P. (2023). A Systematic Review of Spatial Differences of the Ball Impact within the Serve Type at Professional and Junior Tennis Players. *Applied Sciences*, 13(6), 3586. doi: <https://doi.org/10.3390/app13063586>

PhDr. Jan Carboch, Ph.D.

Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy

Katedra sportovních her

José Martího 269

162 52 Praha 6

jan.carboch@ftvs.cuni.cz