

Kineziologická a kinematická analýza tenisového podání pomocí povrchového EMG a SIMI Motion – kazuistika

Kinesiology and kinematic analysis of tennis serve by using surface EMG and SIMI Motion – casuistry

Martina Bernaciková, Silvie Hlaváčová, Miriam Kalichová

Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, Brno

Abstrakt:

Úvod studie popisuje základní determinanty tenisového výkonu a charakterizujeme blíže techniku tenisového podání. Náplní výzkumu bylo provést kinematickou a kineziologickou analýzu tenisového podání. Měření jsme prováděli pomocí 3D kinematické analýzy s využitím systému Simi Motion a kineziologickou analýzu pomocí přístroje DATA LOGGER MIE, který měří povrchové napětí svalu. Cílem práce bylo propojit oba systémy a připravit ucelenou analýzu tenisového podání. Doporučení pro trenérskou praxi, která z analýzy vyplývají, by mohla vést k odstranění chyb v technice a ke zdokonalení servisu jako podstatné části tenisového výkonu.

Abstract:

In the introduction, we described determinants of performance and we completely characterize the tennis serve. In our research, we carry out a kinematic and kinesiology analysis of tennis serve. Measurements were performed using 3D kinematic analysis system SIMI Motion and kinesiological analysis using DATA LOGGER MIE device, which measures the surface tension of the muscle. The result of the work can provide appropriate advice on treatment quality and the techniques of tennis serve which is clearly the most important tennis stroke.

Klíčová slova: tenisové podání, kinematická analýza, kineziologická analýza, EMG, SIMI
Key words: tennis serve, kinematic analysis, kinesiology analysis, EMG, SIMI

ÚVOD

Tenis je jedním z nejrozšířenějších raketových sportů na světě, věnuje se mu přes 30 milionů hráčů. Charakteristický je pro něj rychlý let míče s rychlými výměnami a častými změnami směru. Klade velké nároky jak na techniku, taktiku, kondiční schopnosti, tak i na psychiku.

Determinanty tenisového výkonu

Následující schéma (obr. č. 1) znázorňuje nejdůležitější determinanty ovlivňující tenisový výkon. Uvedené faktory se vzájemně ovlivňují a doplňují. Pro tenisové podání je především rozhodující správně zvládnutá technika tohoto úderu. Zvládnutí techniky úzce souvisí s nervosvalovou koordinací a správným „timingem“. Neméně důležitá je schopnost koncentrace, která spadá do psychických faktorů. Ze somatických faktorů může být určitou výhodou vyšší postava. Razanci úderu podporuje rozvinutá dynamická síla horních i dolních končetin.



Obr. č. 1. Determinanty tenisového výkonu

Posouzení technických schopností a dovedností je pravděpodobně nejsložitější částí tréninkového procesu. Úroveň kondičních schopností jsme schopni zjistit pomocí laboratorních zátěžových testů nebo v terénu pomocí obecných či specifických motorických testů. Podobně lze celkem jednoduše analyzovat složení a stavbu těla, které vypovídají o somatických předpokladech jedince. Úroveň techniky však spíše závisí na posouzení trenéra.

Zvláště v poslední době se změnil trénink osvojování techniky, tak zdokonalování výkonů. Existuje jedna optimální technika, která se ale vyskytuje v odlišných vývojových a kvalitativních stupních.

Podání

Podání je jedním z nejdůležitějších úderů v tenisovém utkání. Podáním se uvádí míč do hry, hráč má obvykle dva pokusy. V dnešní moderní hře je podání jedním z neúčinnějších klíčů k vítězství. Podle statistických záznamů tvoří podání ve dvouhře i čtyřhře 20–30 % všech úderů, získává se jím 12 % vítězných bodů na antuce a 23 % vítězných bodů na trávě (Jankovský, 2002).

V praxi se využívá několika druhů podání:

- přímé podání
- s boční rotací
- s kombinovanou rotací

Při přímém podání na míček nepřenášíme žádnou rotaci. Toto podání je neúčinnější při nejvyšší rychlosti. Obvykle se využívá při prvním podání. Jako druhé podání se pak využívá podání s boční či kombinovanou rotací. Podání je sice pomalejší než přímé, ale udělená rotace může překvapit přijímacího hráče.

Jestliže se podání technicky správně povede, přinese velké výhody – dává možnost získání bodu, je přípravou pro konečný úder nebo vyvíjí tlak na soupeře. Jde o jediný úder, na který má vliv jen samotný hráč.

Technika přímého podání:

Držení: Doporučuje se bekhendové nebo kontinentální držení blížící se bekhendovému.

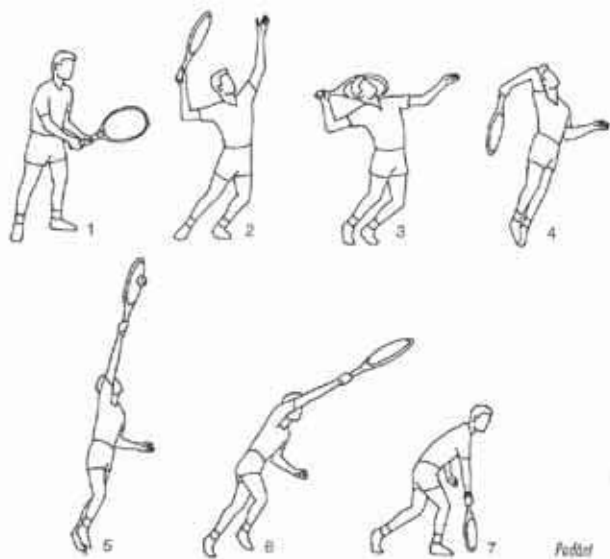
Základní postavení: Stoj mírně rozkročný, natočení bokem do směru podání. Nehrající rameno a spojnice obou chodidel ve směru úderu. Váha těla je rovnoměrně rozložena na obě nohy nebo z větší části spočívá na noze stojící vzadu. Raketu držíme před tělem s uvolněným zápěstím, měli bychom ji přidržovat v krčku druhou rukou. Pomyslná čára spojující špičky chodidel by měla ukazovat směrem k cíli úderu.

Nadhoz: Obě paže se pohybují současně dolů a zase nahoru. Nadhoz se provádí nehrající nataženou paží přímo nahoru. Míček musí být zasažen ve správném okamžiku v optimálním bodu. Nadhazovat bychom měli 20–50 cm nad bod zásahu. Při správném nadhozu by měl míček spadnout 30 cm před špičku předního chodidla. Při nadhození míče se váha těla přesouvá na nohu stojící vpředu.

Nápřah a nápřahová smyčka: Při nápřahu se obě paže pohybují vzhůru, váha těla se přenáší na nohu vpředu. Po nadhozu tělo mírně natáčíme dopředu a raketu necháme padat ve smyčkovém švihovém pohybu vzad za tělo, odkud ji prudkým zrychleným pohybem dostaneme na místo zásahu. Trup je lukovitě prohnutý, obě nohy jsou mírně pokrčené.

Zásah míče: Míč bychom měli zasahovat co nejvýš, v místě poněkud předsunutém před tělem, tělo musíme co nejvíce vytáhnout. Úderová fáze začíná napínáním nohou a otáčením trupu do směru úderu. Úderové rameno se vysouvá vpřed a táhne za sebou paži s raketou. Poté se paže vymrští vzhůru, napíná se a raketa je v jeho prodloužení. Těsně před úderem se musí zpevnit zápěstí do směru letu míče. V okamžiku úderu stojí hráč na špičkách. Váhu těla přenášíme vpřed a chodidlo pravé nohy zvedáme, hráč padá do úderu ve směru letu míče.

Protažení: Opisujeme raketou velký oblouk, který končí na straně opačného ramena, váhu těla úplně přenášíme na nohu vpředu. Dosud zadní noha vykračuje vpřed, zajišťuje tak rovnováhu. Paže s raketou doprovází míč ve směru jeho letu a končí vedle opačného boku.



Obr. č. 2. Kinogram tenisového podání (Jankovský, 2002)

Nejčastější chyby při podání:

- špatné držení rakety
- nevhodné postavení
- špatný pohyb paže s raketou
- příliš vysoký nebo nízký nadhoz
- zasažení míčku ve špatném okamžiku

Možnosti kinematické a kineziologické analýzy

Hráči světové špičky mají rozdílné pohyby a hrají různou technikou. Každý z těchto hráčů má své osobní optimum, ke kterému se tréninkem dopracoval. Dnes nám v úspěšném hledání optimálních pohybů pomáhá biomechanika. Ta zkoumá na základě mechanických principů tenisové pohyby s cílem optimalizovat je. Vysvětluje také výhody a nevýhody jednotlivých pohybů. Trenér by měl po získání naměřených dat rozhodnout, jak případné chyby u svého svěřence eliminovat. Využitím biomechanických metod lze techniku úderů zdokonalovat, a činit je tak účinnějšími i v samotném utkání. Pokud hráč zahraje úder podle biomechanických principů, měl by mít vysokou šanci, že takto provedený úder bude proti soupeři účinný.

K hodnocení biomechanických ukazatelů se v praxi využívá kinematické analýzy. Dříve se využívalo především 2D kinematické analýzy, kdy se kinogramy vytvářely z fotografií či záznamů videokamerou. Dnes už můžeme provádět 3D kinematickou analýzu, která navíc umožňuje následnou simulaci pohybu v trojdimenzionálním prostředí. 3D kinematickou analýzou tenisových úderů se zabývali Psalman (2007), Ivančevič (2008), Durovič (2008), Subijana a Navarro (2009).

Technika tenisových úderů je v současnosti poměrně dobře analyzovaná a pomáhá při tréninku tenistů různého věku a výkonnosti. Existuje ale víc neznámých a lidských okem neviditelných věcí, které rozhodují o kvalitě tenisového úderu. Právě trojrozměrná biomechanická analýza je tím prostředkem, který přesněji a z různých úhlů pohledu dokáže lépe odhalit techniku tenisových úderů (Psalman, 2007).

S rozvojem videotechniky a dostupností výpočetní techniky je zřejmý i posun ve sportu a ve využívání techniky při tréninkovém procesu.

Při správném provádění podání je důležitá nervosvalová koordinace horních končetin, dolních končetin a trupu. Tato souhra svalů umožní plynulé a efektivní provedení pohybu.

Tenisové podání z kineziologického hlediska můžeme rozdělit do dvou hlavních fází: příprava na podání a samotné podání. Z pohledu funkční anatomie v přípravné fázi pracují především abduktory (m. deltoideus-pars akromion, m. supraspinatus a m. serratus anterior) a extenzory (m. latissimus dorsi, m. deltoideus-pars spinae a m. teres major) ramenního kloubu. V druhé fázi se zapojují adduktory (m. pectoralis major, m. latissimus dorsi a m. teres major) a flexory (m. deltoideus-pars clavicularis, m. coracobrachialis a m. biceps brachii caput breve) ramenního kloubu. Dále se kontrahují extenzory loketního kloubu (m. triceps brachii, m. anconeus). Svaly předloktí musí být v izometrické kontrakci, aby se tenisový míč mohl odrazit správným směrem s dostatečnou razancí.

Výše uvádíme svaly horních končetin, kromě toho neméně důležitou roli mají svaly horních končetin (m. gluteus maximus, m. quadriceps femoris, m. triceps surae) a trupu (m. erector spinae, m. rectus abdominis). V tomto teoretickém výčtu určitě nejsou uvedeny všechny svaly podílející se na podání. Bližší analýzu svalové aktivity nám umožňuje elektromyografie (EMG), ve sportovní praxi zatím stále málo využívaná metoda. Studie zabývajících se měřením EMG není mnoho (Seeley a kol. 2008, Kibler a kol. 2010, Coutinho a kol. 2004, ad.).

Cíl studie: vytvořit kineziologickou a kinematickou analýzu pomocí povrchového EMG a SIMI Motion

Pro svou studii jsme si stanovili dva základní okruhy výzkumných otázek, týkající se kineziologické a kinematické analýzy:

Kineziologická analýza:

Jak se mění během podání zapojení následujících svalů?

m. pectoralis major

m. rectus abdominis

m. trapezius (horní část)

m. biceps brachii

m. triceps brachii

m. deltoideus (pars akromion)

m. flexor carpi ulnaris

m. latissimus dorsi

Kinematická analýza:

Jak se budou měnit v průběhu tenisového podání jednotlivé kinematické parametry?

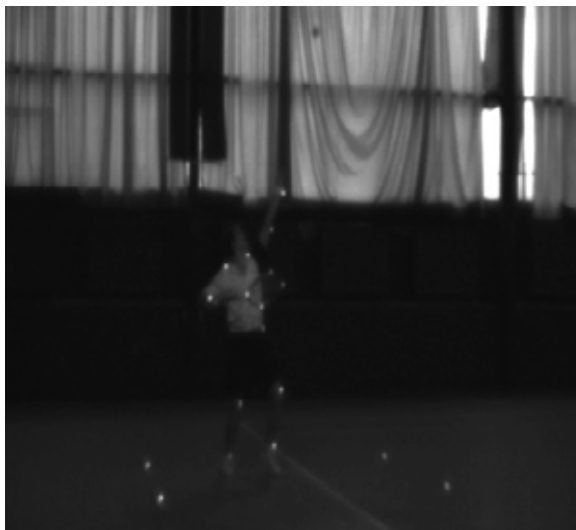
- výška těžiště
- úhel v lokti hrající paže
- rychlost hrající paže
- rychlost míčku

METODIKA**Charakteristika měření**

Měření bylo provedeno na 20letém muži (175 cm, 72 kg), který se věnuje tenisu od 10 let. V současné době hraje především okresní a krajské přebory družstev skupiny A a B. Také se pravidelně zúčastňuje turnajů jednotlivců s podobnou úrovní. V žákovských a dorosteneckých turnajích se umísťoval na předních pozicích. Obvykle trénuje 2–3 týdně.

Měření se uskutečnilo v lednu 2011 v tenisové hale v Brně s povrchem kurtu Taraflex. Po zahřátí, rozcvičení a rozehrávce byly na hráče připevněny reflexní kuličky, které umožňují záznam pohybu pomocí systému SIMI Motion. Samotnému měření předcházela kalibrace snímaného prostoru a příprava přístroje Data Logger (EMG).

Reflexní body byly umístěny na hlezenní klouby, kolenní klouby, boky, ramenní klouby, loketní klouby, zápěstí, další čtyři body na raketu (viz obr. 3).



Obr. č. 3. Umístění reflexních bodů a vyznačení snímaného prostoru

Námi pořízený videozáznam byl podroben analýze od okamžiku, kdy hráč zaujal výchozí polohu, až do momentu, kdy podání dokončil prošvihnutím. Hráč provedl několik pokusů a my jsme na základě správného technického provedení vybrali dva, na které jsme se zaměřili.

EKG záznam byl pořízen povrchovou elektromyografií, snímané byly svaly m. pectoralis major, m. rectus abdominis, m. trapezius (horní část), m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. deltoideus (pars akromion), m. flexor carpi ulnaris, m. latissimus dorsi.

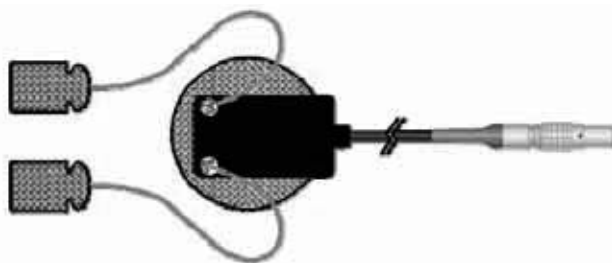
K natáčení jsme využili dvě vysokofrekvenční synchronizované digitální kamery SIMI Motion. Ty dokážou zaznamenat až 100 snímků za sekundu. Záznam z těchto kamer je ukládán na pevné disky počítače. Data jsou přímo posílána do softwaru, kde se následně hned ukládají. V tomto softwaru byla data také následně zpracována.

K měření povrchového napětí ve svalech jsme využili přístroj DATA LOGGER MIE (obr. č. 4). Jedná se o přenosný přístroj, který sbírá a ukládá elektrické potenciály z povrchu lidského těla. Jeho součástí jsou ploché povrchové elektrody, kabeláž, předzesilovače, 8kanálová malá kapesní jednotka s baterií, paměťová karta, kabel pro spojení s počítačem, speciální software pro programování jednotky a zpracování dat. Použili jsme nalepovací elektrody, které se spojí pomocí drátků (obr. č. 5).



Obr. č. 4. Přístroj DATA LOGGER (manuál MyoDat).

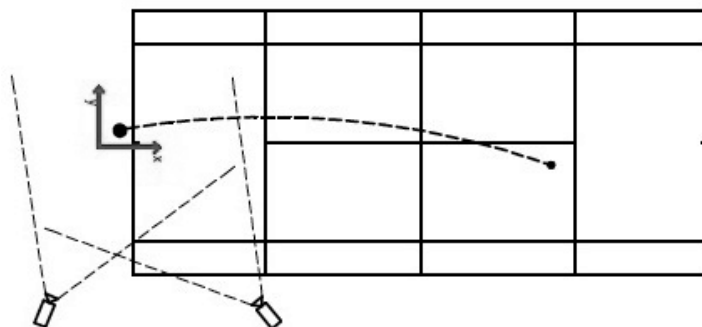
Síla signálu EMG je závislá na umístění elektrody na sval. Pro získání nejlepšího signálu je důležité umístit čidla do středu svalu.



Obr. č. 5. Zapojení elektrod (manuál MyoDat).

Příprava kamer a prostoru

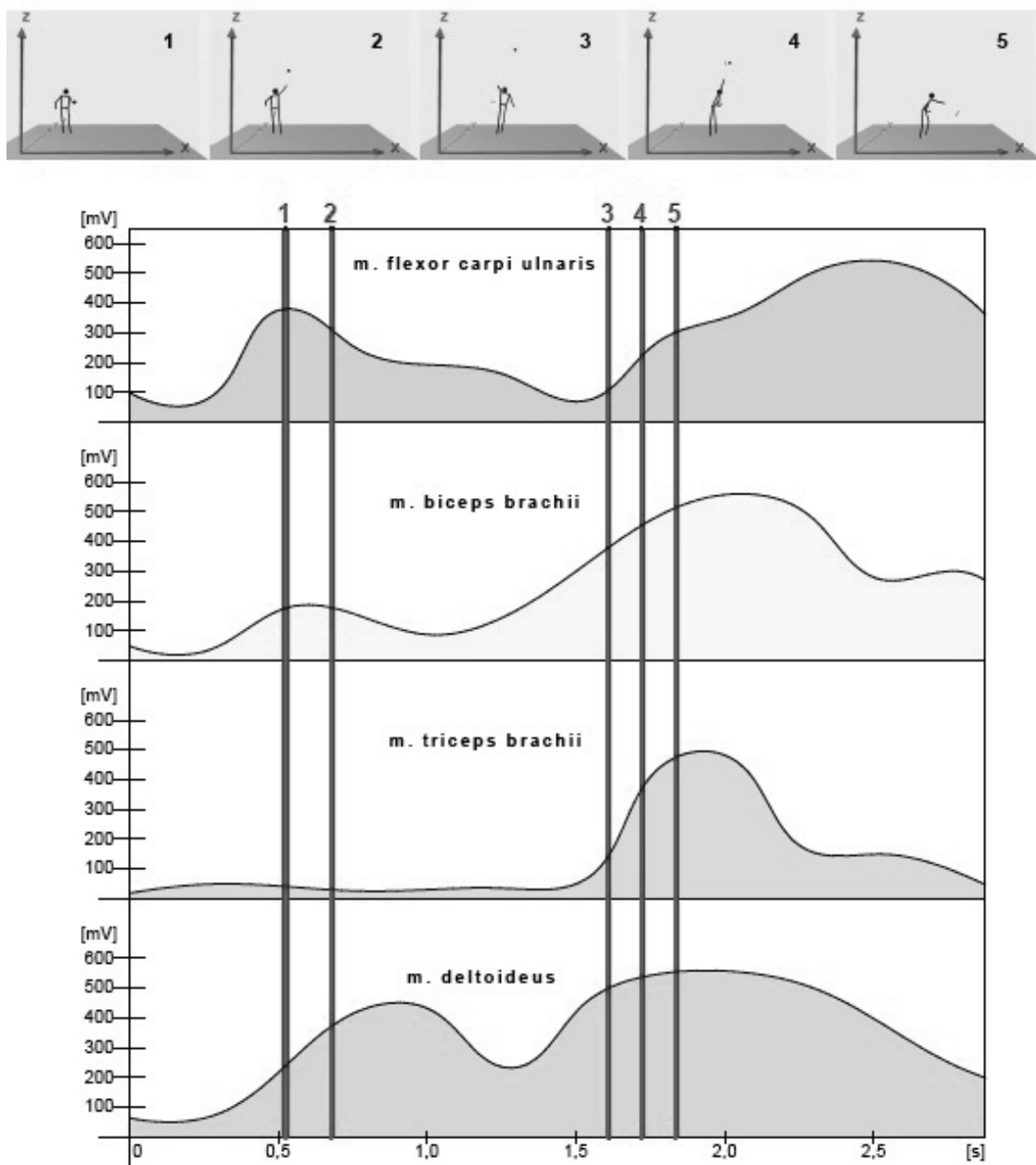
Kamery jsme museli rozestavit tak, aby obě zabíraly celý prostor, ve kterém probíhal pohyb hráče, a současně svými optickými osami svíraly úhel 60° (obr. č. 6). Sestavu kamer jsme propojili s notebookem.



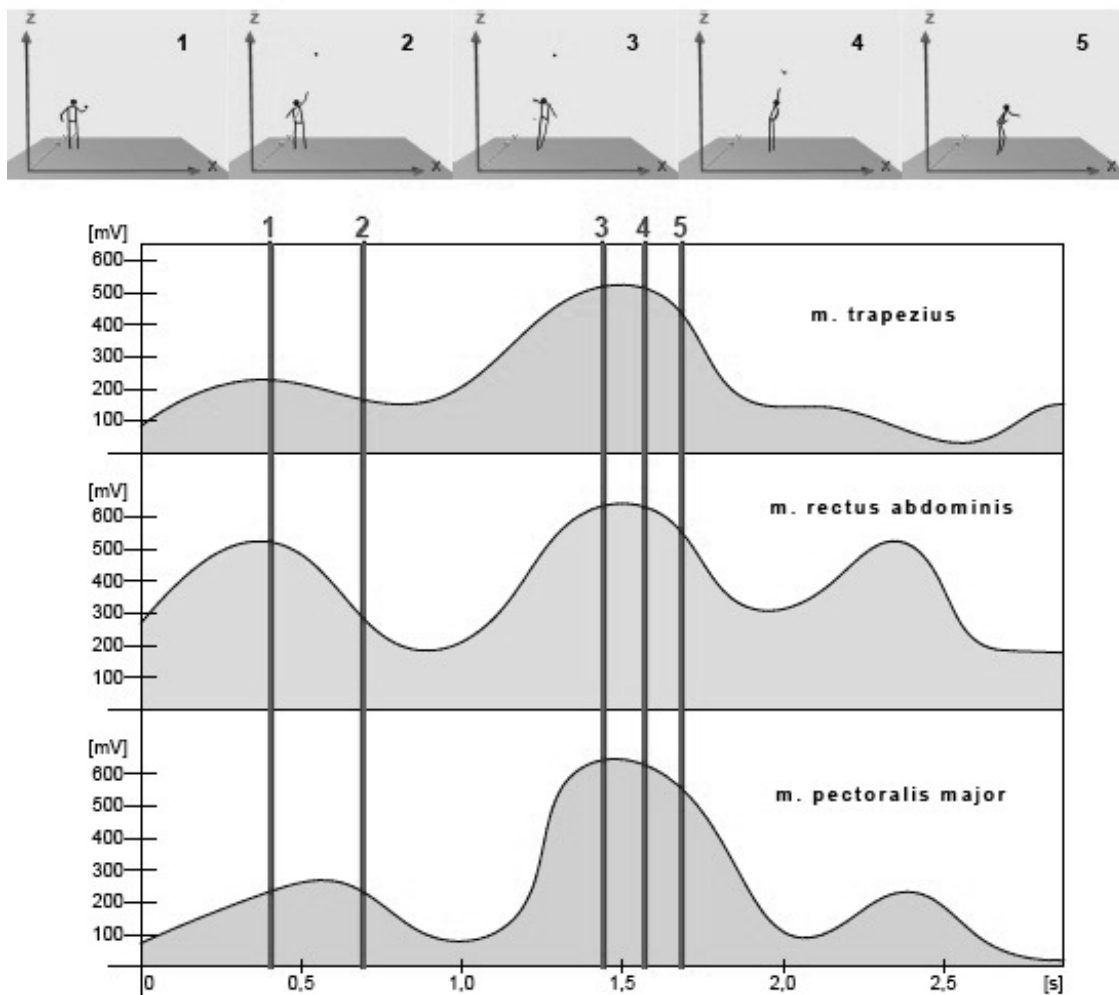
Obr. č. 6. Rozmístění kamer pro snímání pohybu.

VÝSLEDKY

Na následujících obrázcích přinášíme kinogramy dvou provedených podání zároveň se záznamem EMG. Při prvním pokusu byla snímána aktivita svalů m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. deltoideus (pars akromion) a m. flexor carpi ulnaris (obr. č. 7). Při druhém pokusu aktivita svalů m. pectoralis major, m. rectus abdominis a m. trapezius (horní část) – obr. č. 8.



Obr. č. 7. Kinogram jednotlivých fází tenisového podání spolu s grafy znázorňujícími napětí svalů m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. deltoideus a m. flexor carpi ulnaris.



Obr. č. 8. Kinogram jednotlivých fází tenisového podání spolu s grafy znázorňujícími napětí svalů m. pectoralis major, m. rectus abdominis a m. trapezius.

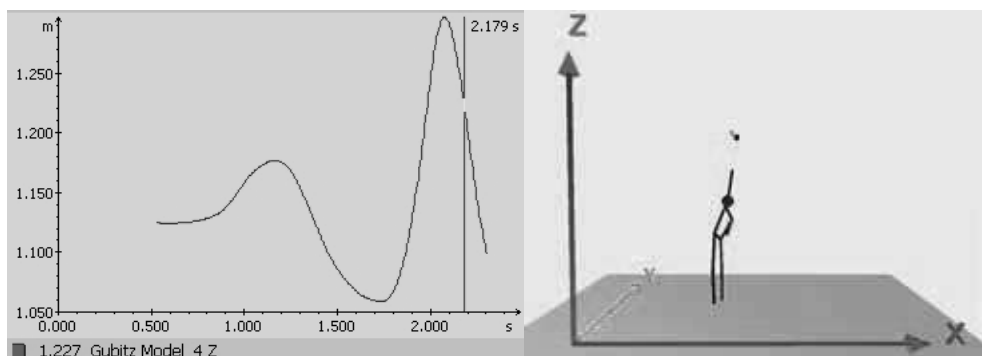
Největší napětí jsme u bicepsu brachii zaznamenali v úderové fázi, m. biceps brachii byl nadále aktivní i ve fázi dokončení úderu. U m. triceps brachii bylo největší napětí zaznamenáno až při dokončování úderu. Naproti tomu m. deltoideus (pars akromion) se zapojuje již v začátku podání v náprahové fázi i v dalších navazujících fázích.

M. pectoralis major se nejvíce zapojil při náprahu, samotném úderu a následné fázi. M. rectus abdominis se výrazně zapojoval ve všech fázích pohybu. U m. trapezius (horní část) jsme největší napětí naměřili taktéž v posledních třech fázích prováděného podání, a to hodnoty podobné jako u m. rectus abdominis.

Kinematická analýza

Na často kladenou otázku – která fáze je pro správné provedení úderu nejdůležitější – náprah, švihová fáze, zásah míčku nebo dotažení úderu – je možno odpovědět, že přímo o kvalitě úderu rozhoduje vlastní kontakt rakety s míčkem. Ten trvá při úderu jen asi 0,004 sekundy.

Z kinematické analýzy přinášíme výsledky v grafech a obrázcích (obr. č. 9–12).



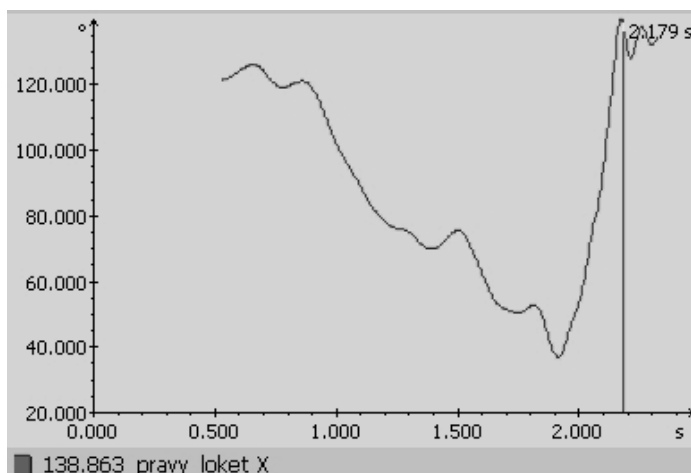
Obr. č. 9 Poloha těžiště během podání, čára vyznačuje fázi, kdy hráč zasáhl míček.

Z grafu (obr. 9) je vidět, že nejvyšší poloha těžiště (1,3 m) u hráče byla zaznamenána již před úderem do míče. Naopak nejnižší polohy hráč dosahuje ve chvíli, kdy má raketu za zády a ještě nedosáhl momentu, kdy začíná raketu přesouvat nahoru a vpřed. Výška těžiště se v tomto okamžiku pohybuje na 1,1 m.



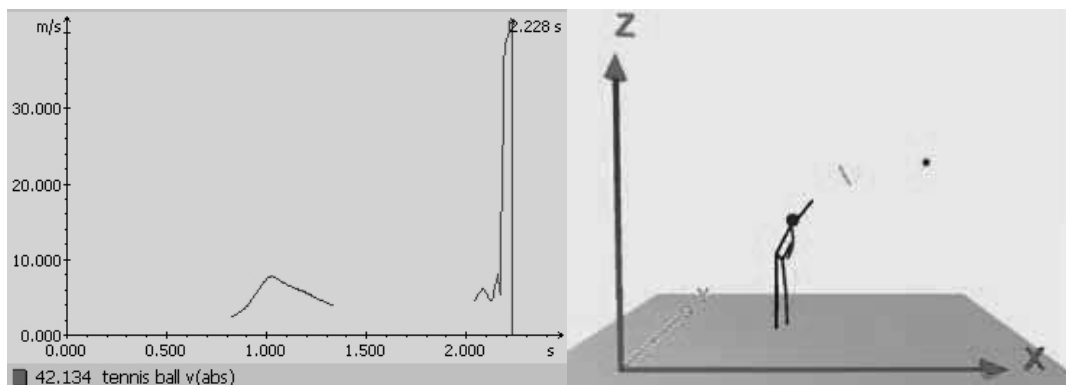
Obr. č. 10 Rychlost pravé horní končetiny v čase, svislá čára vyznačuje okamžik zasažení míče.

Na obr. 10 je vidět, jak se v průběhu podání měnila rychlost jednotlivých segmentů hrající paže (rameno, loket a zápěstí). Největší rychlosti dosáhlo zápěstí těsně před úderovou fází. Rameno a loket dosáhly nejvyšší rychlosti ve fázi náprahu.



Obr. č. 11 Úhel v pravém lokti (139° v okamžiku odehrání míčku).

Největšího úhlu (139°) v pravém lokti bylo dosaženo v okamžiku zahrání úderu. Nejmenšího pak v okamžiku, kdy je raketa za zády a hráč ještě nedosáhl momentu, kdy se začíná chystat k úderu. Nejmenší úhel je v okamžiku mikrofáze s raketou za zády, hráč má co nejvíce flektovaný loket, hodnota se pohybovala kolem 37° .



Obr. č. 12 Rychlost míčku během podání (max. 42 m/s).

Z grafu (Obr. 12) můžeme vyčíst, jak se měnila rychlost míčku. V první fázi, kdy hráč začínal míček nadhazovat a vypouštěl ho z ruky, měl míček rychlost 7,7 m/s. V úderové fázi dosahoval míček téměř nejvyšší rychlost 20,4 m/s. Vyšší byla těsně po odehrání úderu, a to 42,1 m/s. V grafu je také vidět úsek, kdy jsme nezaznamenali rychlost míčku, protože se dostal z vymezeného prostoru a nezabíraly jej kamery.

DISKUZE

Pohybová úloha hrající paže je spojena s ovládáním tenisové rakety při úderech. Způsobu držení tenisové rakety odpovídá nerovnoměrné zatížení horních končetin. Vyžaduje nepřetržitou izometrickou kontrakci flexorů zápěstí a prstů. Síla kontrakce těchto svalů musí být tím větší, čím rychlejší je pohyb paže při úderu. Aby celá paže, předloktí a zápěstí byly v okamžiku úderu zpevněné a hráč mohl přenést

veškerou energii do odehraného míče, je nutné, aby také extenzory zápěstí a prstů dělaly současně izometrickou kontrakci. Stisk rakety musí být přirozeně největší v okamžiku, kdy míč dopadne na výplet.

M. biceps brachii a m. triceps brachii se zapojují nejvíce v úderové fázi a při dotažení úderu. Po odehrání míče dobrzdí pohyb paže. Domníváme se, že m. triceps brachii by měl být aktivní více už v úderové fázi, je tedy možné, že hráč tento sval dostatečně při této fázi nevyužil. M. deltoideus se během podání zapojil dle předpokladů. M. flexor carpi ulnaris, který stabilizuje ruku, se zapojil také více ve fázi nadhozu. Naopak ve fázi, kdy je raketa za zády, byly naměřeny nízké hodnoty, což může být způsobeno tím, že hráč v této fázi nepotřebuje tolik zpevnit zápěstí, které zůstává spíše uvolněné. Nejvyšší hodnoty by měl dosahovat těsně před a při úderu, kdy musí být zápěstí co nejvíce zpevněné. Ve fázi protažení jsme opět zaznamenali vyšší hodnoty. Svaly předloktí musí být v izometrické kontrakci, aby se míč mohl odrazit správným směrem s dostatečnou razancí.

M. pectoralis major dosahoval hodnoty přes 500 mV již ve fázi nadhozu, kde pravá paže jde postupně předozadním směrem. Po této fázi se však hodnoty napětí dostávají k hodnotám mezi 100 a 300 mV. Větší zapojení můžeme vidět ve všech následujících fázích, které jsme porovnávali. Je tomu tak, i když má hráč horní končetinu s raketou za zády a připravuje se na úder, stejně tak ve fázi úderu a protažení. Průběh napětí u m. rectus abdominis je mírně odlišný. Hráč tento sval zapojil při všech pozorovaných mikrofázích na téměř na stejné úrovni, a to kolem 600–650 mV. Opět jiný průběh má průběh napětí u m. trapezius, kde se však hodnoty napětí velmi podobají svalu m. rectus abdominis.

Domníváme se také, že hráč po ukončení úderu neuvolnil dostatečně svaly, na grafech je i po ukončení této mikrofáze dále vidět relativně velká aktivita zapojovaných svalů. Je možné, že při prvním měření (m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. deltoideus a m. flexor carpi ulnaris) došlo k chybě měření.

Aktivitu m. latissimus dorsi jsme nebyli schopni vyhodnotit, neboť se elektrody při měření vždy odlepily.

Z výsledků, které popisovaly polohu těžiště (obr. 9), vyplývá, že hráč se blížil k nejvyššímu bodu právě ve fázi mezi náprahem a úderem, i když ve fázi úderu by měl být hráč nejvýše natažen, aby zasáhl míč v nejvyšším možném bodě. Zde však již dochází k poklesu těžiště.

Jak uvádí Psalman (2007, s. 114) ve svém hodnocení techniky tenisového úderu, je zajímavé, že hráči zpomalují švih ještě před vlastním úderem, což si však vůbec neuvědomují. Konají tak podvědomě za účelem přesného zásahu míčku raketou. Podobný výsledek byl zjištěn i v naší studii.

Úhel lokte v úderové fázi by se měl pohybovat okolo 170°. Přestože by měl být hráč nejvíce vytažen ve fázi úderu, aby mohl ideálně zasáhnout míček, v našem případě byl v okamžiku úderu zjištěn úhel pouze 139°. Je vidět, že v této mikrofázi z pohledu „timingu“ má hráč velké rezervy.

Roetert-Ellenbecker (2007, s. 3) uvádí rychlost letícího míče odehraného profesionálními hráči přes 200 km/hod. Během našeho měření měl míč pomalejší rychlost 151 km/hod. Kdyby se hráč chtěl přiblížit podobným hodnotám, musel by se zaměřit na posílení svalstva horních končetin.

ZÁVĚR

V současnosti se při zvyšování vrcholových výkonů opírá sport o rozsáhlé vědecké poznatky a nejlepší technické prostředky. Nehraje se jen pro vítězství, ale i pro zábavu. Aby však byl pocit ze hry dokonalý, je třeba mít „dokonalé“ i údery.

Cílem naší studie bylo propojení kinematického a kineziologického měření, která jsme provedli u hráče tenisu střední výkonnosti.

Při kineziologické analýze jsme měřili napětí ve svaích pomocí elektromyografie. Podařilo se nám zjistit, jak se jednotlivé svaly zapojují. Můžeme říct, že některé svaly měly jiný průběh křivky napětí, než jsme očekávali, ale v podstatě se nám potvrdilo to, co jsme uvedli v teorii. Popsali jsme, kdy se zapojují, proč tomu tak je a jaké by bylo možné zlepšení, jestliže víme, jak se tyto svaly mají zapojovat.

V kinematické analýze jsme se zaměřili na posouzení úhlových, dráhových i rychlostních charakteristik, abychom mohli odpovědět na námi stanovené výzkumné otázky. Například poloha těžiště naší testované osoby neodpovídala správnému technickému provedení, protože nejvyššího bodu dosáhl již ve fázi nadhozu, a ne při úderové fázi. Bylo by možné různým cvičením zlepšit tento nedostatek.

Na základě svých výsledků můžeme říct, že kinematická analýza je vhodným prostředkem pro posuzování kvality tenisového úderu a může poskytnout trenérům návod, jak včasné upravit techniku úderu, a tím zlepšit výkonnost hráče.

Závěrem bychom dodali, že propojení našich dvou přístrojů nebylo ideální. Je třeba oba přístroje propojit tak, aby nedocházelo k posunům při měření, které následně může způsobit zkreslení výsledků a zbytečně ztěžuje vyhodnocení dat.

Literatura

- COUTINHO, C.; PEZARAT, P.; VELOSO, A. EMG patterns of the upper limb muscles in the first (flat) and second (topspin) serve. *Med Sci Tennis*, 2004, č.3, s. 14–15.
- DUROVIČ, N.; LOZOVINA, V.; MRDULJAŠ, D. New biomechanical model for tennis serve. *Acta Kinesiologica*, 2008, roč. 2, č. 2, s. 45–49.
- ELLIOT, R. Biomechanics and Tennis. *British Journal of Sports Medicine*, 2006, č. 40, s. 392–396.
- IVANČEVIČ, T. a kol. Biomechanical analysis of shots and ball motion in tennis and the analogy with handball throws. *Physical Education and Sport*, 2008, roč. 6, č. 1, s. 51–66.
- JANKOVSKÝ, J., *Tennis*, Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0169-3.
- KIBLER, W. B. a kol. Muscle activation in coupled scapulohumeral motions in the high performance tennis serve. *British Journal of Sports Medicine*, 2007, č. 41, s. 745–749.
- LO, K. Ch. a kol. Kinematic of Lower Extremity in Tennis Flat and Spin Serve. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 2004, roč. 24, č. 4, str. 209–212.
- ROETERT, E. P.; ELLENBECKER, T.S. *Complete conditioning for tennis*. Champaign (USA): Human Kinetics, 2007. ISBN 978-0-7360-6938-0.
- MyoDat. Manuál k přístroji MyoDat, Copyright MIE Medical Research Ltd.
- PSALMAN, V., Hodnotenie techniky tenisového úderu prostredníctvom trojrozmernej biomechanickej analýzy. In *Sborník abstrakt mezinárodní konference Sport a kvalita života 2007*. Brno: Masarykova univerzita, 2007, s. 114. ISBN: 978-80-210-4435-7.
- SEELEY, M. K. a kol. A comparison of muscle activations during traditional and abbreviated tennis serves. *Sports Biomechanics*, 2008, roč. 7, č. 2, s. 248–259. ISSN: 1476-3141.
- SUBIJANA, C. L.; NAVARRO, E. Kinetic energy transfer during the tennis serve. *J. Hum. Sport Exerc.*, 2009, roč. 4, č. 2, s. 114–128. ISSN: 1988-5202.