

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

**Karolína Vojtěchovská**

**Hodnocení tenisového úderu pomocí  
kvalitativního vyšetření funkčního pohybu**

**Bakalářská práce**

Praha 2021

Autor práce: **Karolína Vojtěchovská**

Vedoucí práce: **Mgr. Lenka Oplatková**

Oponent práce: **Mgr. Jáchym Kolář**

Datum obhajoby: **2021**

## **Bibliografický záznam**

VOJTĚCHOVSKÁ, Karolína. *Hodnocení tenisového úderu pomocí kvalitativního vyšetření funkčního pohybu*. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2021. 98 s. Vedoucí bakalářské práce Mgr. Lenka Oplatková.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením tenisového úderu a vlivem posturální stabilizace na výslednou kvalitu zapojení trupu v úderu. V teoretické části jsou shrnuty poznatky o optimálním provedení forhendu a dále možný způsob jeho hodnocení. V praktické části bakalářské práce byla u hráčů kvalitativně vyšetřena posturální stabilizaci podle konceptu DNS. Následovala jsem postup kvalitativní diagnostiky pohybu a vypracovala videoanalýzu zahraného úderu ze záznamu Slow-motion. Konkrétní parametry tenisového úderu byly objektivizovány pomocí programu Tracker a senzoru Zepp Tennis 2, díky čemuž byly získány hodnoty konkrétního úhlového nastavení tělesných segmentů, úhlové rychlosti rotace osy boků a osy ramen a rychlosti odpalu míče, velikosti spinu a procentuální úspěšnosti odpalu míče středem rakety. Byla vypracována tabulka kvalitativního hodnocení pohybu, která zohledňuje klíčové znaky forhendu v závislosti na jednotlivých fázích úderu. Následně byl kompletně zhodnocen úder hráče. Došla jsem k závěru, že není možné stanovit jednotné ideální úhlové nastavení tělesných segmentů, vždy je potřeba respektovat individualitu hráče. Dále jsem zjistila, že posturální stabilizace jedince má vliv na výslednou kvalitu zapojení trupu jedince a nelze ji opomíjet při rozvoji výkonnosti hráče.

## **Klíčová slova**

Tenis, forhend, biomechanika, kinematický řetězec, kvalitativní diagnostika pohybu, videoanalýza, posturální stabilizace

## **Abstract**

This bachelor's thesis describes the evaluation of the tennis groundstroke and the influence of postural stabilization on the resulting quality of activation of the trunk in the groundstroke. The theoretical part summarises the knowledge of the optimal performance of the forehand, as well as the method of evaluating the forehand. In the practical part of the bachelor's thesis, we qualitatively assessed postural stabilization of players according to the concept of DNS. We followed the process of qualitative movement diagnosis and we performed video analysis of the forehand from the Slow-motion recording. The specific parameters of the tennis groundstroke were objectified by using the program Tracker and Zepp Tennis 2 sensor, which gave us the values of angular displacement of the body segments, the angular velocity of hip and shoulder rotation, and the ball speed, the ball spin and the percentage success rate of impact location in the sweetspot of the racket. We made a table of qualitative movement that takes into account key features of the forehand, depending on each phase of the groundstroke. Then we made a complex evaluation of the player's forehand. We concluded that it is not possible to establish a uniform ideal angular alignment of body segments. It is always necessary to respect the player's individuality. Furthermore, we found that postural stabilisation of player affects the resulting quality of the individual's activity of the trunk and cannot be ignored in developing performance of the player.

## **Keywords**

Tennis, forehand, biomechanics, kinematic chain, qualitative diagnosis of movement, video analysis, postural stabilisation

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Lenky Oplatkové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 10.8 2021

**Karolína Vojtěchovská**

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Mgr. Lence Oplatkové za vedení této práce, především za ochotu, vstřícnost a cenné rady. Dále děkuji všem zúčastněným probandům, kteří se ochotně a se zájmem zúčastnili praktické části této bakalářské práce.

# OBSAH

<b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>	<b>11</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>1 PŘEHLED TEORETICKÝCH POZNATKŮ.....</b>	<b>8</b>
1.1 TECHNICA FORHENDU.....	8
1.1.1 Fáze tenisového úderu - forhendu.....	8
1.1.2 Typy forhendového postavení.....	10
1.1.3 Přímý forhend a topspin.....	12
1.1.4 Typy forhendového držení a optimální bod zásahu.....	12
1.2 KOORDINACE A TIMING.....	15
1.2.1 Postura a její souvislost s pohybem.....	17
1.3 ZÁKLADNÍ BIOMECHANICKÉ PRINCIPY TENISOVÉ HRY.....	18
1.3.1 Princip počáteční síly.....	18
1.3.2 Princip protipůsobení.....	19
1.3.3 Princip časové souslednosti dílčích impulsů.....	19
1.3.4 Princip zachování impulsu.....	21
1.3.5 Princip optimální dráhy zrychlení.....	22
1.3.6 Rovnováha.....	22
1.4 OPTIMÁLNÍ TECHNICA Z POHLEDU BIOMECHANIKY.....	23
1.4.1 Biomechanika jednotlivých fází forhendu.....	24
1.4.2 Kvantitativní hodnocení úderu: úhlové nastavení tělesných segmentů.....	27
1.5 MOTORICKÝ VÝVOJ JEDNICE A VZNIK SPECIALIZOVANÝCH MOTORICKÝCH DOVEDNOSTÍ.....	29
1.6 MOTORICKÉ UČENÍ.....	34
1.7 PEDAGOGICKO-PSYCHOLOGICKÉ ASPEKTY.....	35
1.8 KVALITATIVNÍ DIAGNOSTIKA POHYBU.....	35
1.8.1 Příprava.....	36
1.8.2 Pozorování.....	37
1.8.3 Hodnocení.....	42
1.8.4 Intervence.....	43
<b>2 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>45</b>
<b>3 METODIKA PRAKTICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>46</b>
3.1 SKUPINA TESTOVANÝCH PROBANDŮ.....	46
3.2 VYŠETŘENÍ POSTURÁLNÍCH FUNKCÍ DLE TESTŮ DNS.....	46
3.2.1 Test vleže se zvednutými dolními končetinami.....	46
3.2.2 Test v pozici na čtyřech.....	47
3.3 SBĚR DAT A HODNOCENÍ ÚDERU.....	48
3.3.1 Zhotovení videozáznamu.....	48
3.3.2 Senzor Zepp Tennis 2.....	49
3.3.3 Videoanalýza pohybu a měření úhlových nastavení.....	50
3.3.4 Kvalitativní hodnocení.....	51
<b>4 PRAKTICKÁ ČÁST - SÉRIE KAZUISTIK.....</b>	<b>52</b>
4.1 HRÁČ Č. 1.....	52
4.2 HRÁČ Č. 2.....	55
4.3 HRÁČ Č. 3.....	58
4.4 HRÁČ Č. 4.....	61
4.5 HRÁČ Č. 5.....	64
4.6 HRÁČ Č. 6.....	67
4.7 HRÁČ Č. 7.....	70
4.8 HRÁČ Č. 8.....	73
4.9 HRÁČ Č. 9.....	76
4.10 HRÁČ Č. 10.....	79
4.11 HRÁČ Č. 11.....	82
<b>5 DISKUZE.....</b>	<b>85</b>

<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>93</b>
<b>REFERENČNÍ SEZNAM.....</b>	<b>94</b>



## **SEZNAM ZKRATEK**

DNS – Dynamická neuromuskulární stabilizace

EMG – elektromyografie

fps – frames per second

kph – kilometres per hour

m. – musculus

rpm – revolutions per minute

## ÚVOD

Tenis je jeden z nejrozšířenějších sportů, který vyžaduje komplexní schopnosti hráče. Optimální tenisová technika není pouze jakýsi herní styl, ale podléhá biomechanickým zákonitostem, respektuje anatomicko-morfologické parametry hráče, je ekonomická a účinná, stejně tak respektuje individualitu jedince, jak shrnuje Schönborn (2008). Právě pro tuto komplexnost není jednoduché tenisový forhend hodnotit.

Ačkoliv úderů vrcholových tenistů vypadají na první pohled jednoduše, nesmíme opomenout množství tréninků, které za tímto úspěchem stojí. Vzhledem k rozšiřující se oblibě tohoto sportu a touze po zdokonalování se v něm, je role trenéra zcela nezastupitelná. Tenis jako pohybová hra klade vysoké nároky jak na schopnosti a kondici hráče, tak na kvality trenéra. Trenérství je založeno na znalosti principů daného sportu, techniky, taktiky a cílem je předávání poznatků společně s volbou vhodných postupů pro rozvoj jedince. Nový rozměr trenérství zohledňuje právě autor Duane V. Knudson ve své knize *Qualitative Diagnosis of Human Movement*. Kvalitativní diagnostika pohybu popisuje ucelený náhled a soubor postupů, jakým způsobem je možné hodnotit pohyb a na jaké aspekty lidského pohybu se zaměřovat, aby byl pohyb prováděn co nejoptimálněji. Rozebírá sportovní výkon z mnoha pohledů, ať už z biomechanického hlediska, neuromotorického vývoje a učení či pedagogicko-psychologického hlediska. Dalším přínosem kvalitativní diagnostiky pohybu je právě čtyřbodový postup, založený na přípravě, pozorování, diagnostice a intervenci. Díky tomuto postupu jsme schopni kvalitně pozorovat, analyzovat pohyb a dát hráči potřebnou zpětnou vazbu, případně se zaměřit na nedostatky jeho výkonu. V této bakalářské práci bude rozebrán právě tenisový forhend z více pohledů a možných způsobů hodnocení, jelikož je spolu s tenisovým podáním jedním z nejhranějších úderů a jeho kvalita je tak zcela stěžejní pro tenisovou hru.

# 1 PŘEHLED TEORETICKÝCH POZNATKŮ

## 1.1 Technika forhendu

V tenisovém zápase je zapotřebí, aby byl hráč schopen reagovat na příchozí míč. Hráčova reakce by se měla lišit v závislosti na rychlosti, rotaci a dráze příchozího míče a taktéž na chtěném cílovém umístění a dalších modalitách. Co se týče forhendu, jisté klíčové znaky by měly být viditelné u každého úspěšně odehraného úderu. Abychom dosáhli co nejlepšího tenisového forhendu, můžeme aplikovat právě kvalitativní diagnostiku pohybu. Kvalitativní diagnostika pohybu má interdisciplinární povahu, která propojuje sportovní výkon z pohledu biomechaniky, motorického učení, motorického vývoje a pedagogicko-psychologických aspektů. Jedině tak je možný komplexní náhled na daný pohyb, a tím pádem ucelená diagnostika výkonu jedince. Tyto konkrétní aspekty jsou v práci rozebrány v podkapitolách níže.

### 1.1.1 Fáze tenisového úderu - forhendu

Tenisový úder se rozděluje na pět jednotlivých fází, které jsou prováděny plynule, navazují na sebe a jejichž provedení určuje výslednou kvalitu úderu. Crespo (2002) tyto fáze pojmenovává takto:

1. Přípravná fáze
2. Pohyb k míči a nápřah
3. Švihová fáze
4. Fáze zásahu míče
5. Fáze protažení úderu (též follow through)

Ad 1.: Přípravná fáze zahrnuje sledování pohybu soupeře, jeho úderu a trajektorie míče. Podmínkou pro odehrání tenisového úderu je vnímání příchozího míče a pohyb k němu. Na začátku výměny je tak hráč v pozoru v základním postavení, díky němuž je schopen rychlého startu k míči do všech směrů. Základní postavení je aktivní pozice, v níž jsou nohy rozkročeny na šíři ramen a mírně pokrčené v kolenou. Raketa je držena oběma rukama před tělem v neutrálním držení s lehce pokrčenými lokty, kdy je hlava rakety výše než rukojeť. (Rusdiana, 2021)

Ad 2.: Následně se hráč rozeběhne směrem k míči, zvolí otevřené nebo zavřené postavení, vytvoří si oporu dolními končetinami o zem a napřahuje. Nápřah slouží k akumulaci energie pomocí excentrické kontrakce v koordinačním řetězci celého těla, která je dále využita ve fázi švihů. Schönborn (2006) popisuje, že nejprve musí nápřah začínat rotací osy ramen vzad dříve, než je paže vedena do nápřahu. Dále pokračuje rotace trupu za účasti šikmých břišních svalů a boků se zapojením hýžděového svalstva, přes stehno až ke svalům bérce. V poslední třetině této fáze se do nápřahu zapojuje paže. Paže při nápřahu opisuje trajektorii elipsy. Při nápřahu je biomechanicky výhodné zachovat dorzální flexi v zápěstí již od konečné fáze přípravy, tím je hráči ulehčen přechod do švihové fáze. Přechod z nápřahu do švihové fáze se musí odehrávat poměrně v krátkém čase, aby nedošlo ke ztrátě uložené elastické energie. Proto Elliot (2006) zdůrazňuje, že je zcela stěžejní kvalitní timing jednotlivých fází úderu.

Ad 3.: Ve třetí, tedy švihové fázi, dochází k pohybu rakety dopředu, směrem k blížícímu se míči. Optimální švih je záležitostí kvalitní koordinace. Švih probíhá plynule a jeho rychlost by se měla v kinematickém řetězci stále zvětšovat. (Schönborn, 2008) Při přechodu do švihové fáze se impuls síly přenáší od země, od které se tenista nohama odráží, síla se tak dále transferuje přes bérce, stehno, kyčel, trup, horní končetinu až k zápěstí. Dochází k přenosu váhy směrem do úderu, čímž se následně maximalizuje rychlost švihů. Pro představu je možné pohyb horní končetinou připodobnit k pohybu biče.

Ad 4.: Ve fázi zásahu uděluje raketa míči hybnost, potažmo i rotaci (zde u tenisového míče hovoříme o spinu). Využitím potenciálu kinematického řetězce je raketě udělena nejvyšší možná rychlost, jelikož graduje přenos úhlové hybnosti od větších částí těla (tedy nohou a trupu) až na menší distální části (tedy předloktí). Zásah míče trvá pouze 0,004 sekundy. (Schönborn, 2006) To je podstatně kratší doba, než je přenos této aferentní informace do centrální nervové soustavy, hráč si tak plně uvědomí zásah míče až po proběhlé akci. Těsně před zásahem míče dochází k dopředné svalové aktivitě a ke zvýšení napětí svalstva, díky čemuž hráč v okamžiku zásahu míče pevně stiskne raketu a zpevní zápěstí. Tento děj se nazývá anticipace a je podstatný právě proto, aby bylo tělo hráče připraveno na zásah míče. Crespo (2002) uvádí, že je ve fázi zásahu míče stěžejní nastavení boků, trupu a ramen, což se spolu s těžištěm podílí na rovnováze.

Ad 5.: Fáze protažení úderu, nazývaná též follow through, následuje po zásahu míče. Dochází k dokončení úderu a ke zpomalení tělesných segmentů. Obecně platí, že čím větší byla hybnost těla (či tělesného segmentu), tím delší bude brzdná dráha. Účinné ukončení švihového pohybu těla je důležité nejen z ekonomického hlediska šetření energie a času, ale také z hlediska anatomického, tedy pro prevenci zranění či opotřebení pohybového aparátu. Správně provedená fáze follow through má vliv jak na rychlost, tak směr a kontrolu přesnosti umístění míče. Proto je nutné přirozené protažení úderu. Napětí výkonného svalstva ramen se v této fázi postupně snižuje a horní končetina se pohybuje setrvačností ve směru odehraného úderu, taktéž dochází k brzdné excentrické kontrakci opozičního svalstva. (Schönborn, 2008)

Pro optimální provedení jednotlivých fází úderu je nutné brát v potaz dané anatomické a biomechanické možnosti hráče, stejně tak jeho preference. Avšak z pohledu fyzioterapie a funkčního hodnocení pohybu je možné stanovit nevhodné zatěžování určitých segmentů, a to korigovat. U tenistů je častým problémem bolestivost ramenního kloubu, což může pramenit z přetížení či decentrovaného postavení ramenního kloubu v jednotlivých fázích úderu. Studie *Glenohumeral contact force during flat and topspin tennis forehand drives* (Blache, 2016) potvrzuje, že většina kontaktních sil při forhendu (ať už přímém úderu či topspinu) je směřována především do oblasti anterio-superiorní oblasti glenoidu. Z čehož plyne největší možné riziko přetížení právě této části. Proto je při korekci techniky nutné zohlednit i nadbytečnou míru vnitřní rotace paže a její primární příčinu, ať už se jedná o nevhodnou stabilizaci a zapojení skapulohumerálních, thorakohumerálních svalů či trupového svalstva.

### ***1.1.2 Typy forhendového postavení***

Tenisové postavení zásadně ovlivňuje biomechanické poměry úderu a zapojení svalů v kinematickém řetězci. Postavení u úderu rozdělujeme na dva základní typy: otevřené a uzavřené. U otevřeného postavení jsou nohy a boky téměř paralelně se sítí. Na začátku úderu hráč udělá malý úkrok stranou a primárně rotuje trup a horní končetinu do náprahové fáze. Zatímco u striktně uzavřeného postavení je tělo pootočeno o 90° oproti sítí. Jakmile se míč blíží, hráč nakročí levou nohou dopředu a rotuje trup do náprahu, rotace trupu je však menší než u postojě otevřeného. (Bahamonde, 2003)

Zavřené postavení je dle Schönborna z biomechanického hlediska nevhodné, což opírá o fakt, že většina pokročilých hráčů hraje forhend z otevřeného postavení. Tomuto tvrzení rozporuje M. Reid a kol. (2013a), který zdůrazňuje, že typ postavení je ovlivněn preferencemi a úrovní hráče, věkem a časovou tísni. Proč Richard Schönborn tvrdí, že zavřené postavení není tak vhodné? Kvůli pozici nohou při zavřeném postavení jsou boky spolu s rameny již automaticky vytočené kolmo k síti. Tím pádem tak nedochází k rotaci trupu a chtěnému předpětí svalů boků a hrudníku, čímž nedojde k uložení potenciální energie a tenista je tak nucen vytvořit energii vycházející především z ramen a paže. Taktéž během úderové fáze forhendu u praváka dochází při zavřeném postavení ke značné koncentraci sil na levé koleno a kyčelní kloub. Otevřené postavení umožňuje větší a přirozenější rotaci horní vůči dolní polovině těla. To způsobí optimální předpětí daného svalstva a rovnoměrné ukládání energie v průběhu celého kinematického řetězce. Forhend hraný z otevřeného postavení zajišťuje vyšší stabilitu, pohyb je efektivnější a taktéž umožňuje kratší návratový čas zpět do středu kurtu. U otevřeného postavení si hráč ušetří krok směrem vpřed do kurtu, který je běžně součástí při dokončování úderu ze zavřeného postavení. Co se týče uzavřeného postavení, výsledek studie *Comparision of Open and Closed Stance Forehand Strokes among Intermediate Players* (Muhamad, 2016) ukazuje, že údery hrané ze zavřeného postavení jsou přesnější (obzvláště při hře po lajně) a hráči střední kategorie dosahují při jeho aplikaci vyššího procenta úspěšnosti. Avšak pro švihovou fázi uzavřeného postavení je stěžejní korigovat nastavení přední dolní končetiny, jelikož právě pozice předního kolena ve svém důsledku ovlivňuje výslednou rychlost úderu. (Nesbit, 2008)

### ***1.1.3 Přímý forhend a topspin***

Nejprve se začátečníci učí odehrát přímý míč, později topspin. Topspin je úder, při němž byla míči udělena značná horní rotace, což umožňuje větší zakřivení dráhy míče, aniž by byl odehrán do autu. Obecně platí, že se impuls odletu každého míče skládá z vertikálního a horizontálního vektoru. V případě přímého úderu je dominantní složkou vektor horizontální a u topspinu se objevuje ve větším poměru složka vertikální. Tzn. vertikální impuls síly rakety dodává míči horní spin. Jak uvádí Takahashi (1996), přímého forhendu stoupá trajektorie rakety ve vztahu k horizontále vzhůru maximálně o 20°, zatímco u topspinu tato trajektorie stoupá vzhůru až o 40°. Vertikální rychlost rakety vzniká především díky radiální dukci zápěstí a v menší míře díky abdukci v ramenním kloubu. (Rogowski, 2011)

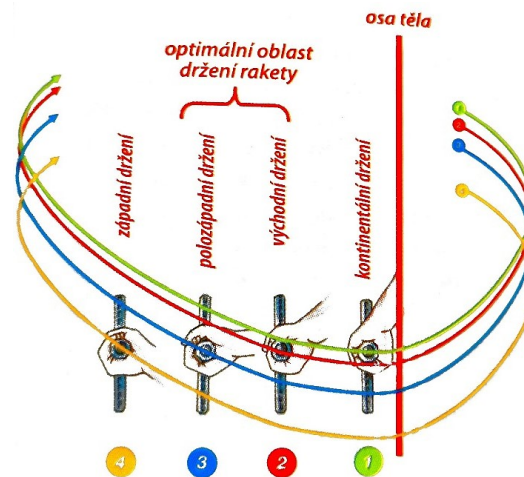
### ***1.1.4 Typy forhendového držení a optimální bod zásahu***

Vzhledem k biomechanickým parametrům se jeví jako optimální bod zásahu tzv. node-point, čili bod ve středu hlavy rakety. Profesionální hráči ve většině případů odehrávají míč právě středem hlavy rakety. (Choppin, 2011) K tomu je zapotřebí vhodný timing a správná koordinace. (Reid, 2013a) Při odehrání úderu mimo střed hlavy rakety dochází k nižší účinnosti úderu a většímu zatížení paže tenisty. To při celkové sumě odehraných úderů společně s příliš pevným úchopem může vést až k přetížení tělesných segmentů a nebezpečí vzniku tenisového lokte. (King, 2012)

Raketu při forhendovém úderu můžeme držet čtyřmi způsoby: držením kontinentálním, východním, polozápadním a západním. Samotné držení rakety ovlivňuje nejen pozici zápěstí, ale i nastavení proximálnějších tělesných segmentů. Rovněž tak držení ovlivní charakter dopadu a odrazu míče.

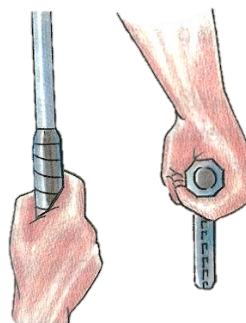
Vzhledem k individuálnímu stylu a proporcím jednotlivce je obtížné určit univerzální bod zásahu. Optimálního bodu zásahu míče vzhledem k držení rakety dá generalizovat, což znázorňuje **Obrázek 1**. Většina špičkových závodních hráčů hraje forhend s polozápadním držením. Čím více ruku otočíme doprava ve směru západního držení, tím více se bod zásahu přesouvá dopředu před osu těla a míči udělíme větší horní rotaci. Druhým extrémem je držení kontinentální, při němž je bod zásahu velmi blízko u těla a míči udělíme převážně horizontální směr pohybu s omezenou rotací. (Schönborn, 2008) Bod zásahu míče z hlediska výšky zkoumal Elliot et al. (1989), který dokazuje, že na tvrdém povrchu hráči s východním držením hráli míč cca 4 cm pod spojnicí boků. Zatímco hráči se západním či polozápadním držením přirozeně odehrávali míč výše, zde

přibližně 6 cm nad spojnicí boků. S tím souvisí i taktické využití držení rakety. Využití západního či polozápadního držení přináší benefity především na antukových kurtech, kde se míč odráží výše. Zatímco použití těchto držení na rychlých površích, kde má míč nižší odskok, může být poměrně náročné. (Reid, 2013a)



Obrázek 1: Optimální bod zásahu míče dle typu držení (Schönborn, 2008)

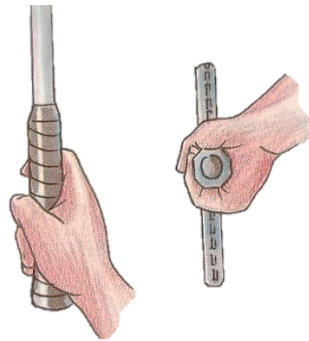
Kontinentální držení při forhendu je používáno zřídka kdy. Způsob držení rakety při kontinentálním držení zobrazuje Obrázek 2. Při hraní úderů od základní čáry není toto držení tak vhodné, jelikož dochází k pozdějšímu zásahu míče. Vysoké míče se s ním těžko odehrávají. Při kontinentálním držení lze míči těžko udělit rotaci, jelikož je loket i zápěstí v nevýhodném až strnulém postavení. Jedna z mála výhod aplikace kontinentálního držení je při odehrávání nízkých míčů a obranných úderů, aby tenista získal čas vrátit se zpět do dvorce. (Bollettieri, 2017)



Obrázek 2: Kontinentální držení (Schönborn, 2006)

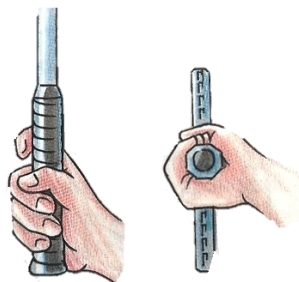


Východní držení bylo původně klasické forhendové držení v časech, kdy tenisové rakety měly menší plochu hlavy a nedovolovaly hráči tak značnou rotaci míče. Striktní úchop, kde je vrchol pomyslného písmene V mezi palcem a ukazovákem mírně pootočen laterálně, zobrazuje **Obrázek 3**. Toto držení umožňuje hraní úderů s mírnou rotací nebo i přímých úderů. I proto je vhodné pro začátečníky, kteří tak udělí míči razanci. (Crespo, 2002)



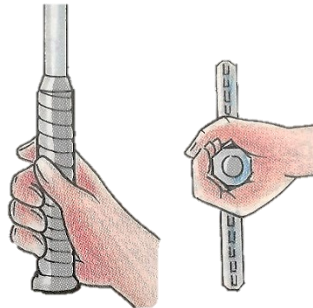
**Obrázek 3:** Východní držení (Schönborn, 2006)

Západní držení je takové držení, kde je vrchol pomyslného písmene V mezi ukazovákem a palce pootočen značně laterálně. To znázorňuje **Obrázek 4**. Západní držení je též nazýváno jako extrémní forhendové držení. Bod zásahu je daleko před tělem. Při tomto držení hráč udělí míči značný vertikální impuls odletu míče, tím pádem i značnou rotaci. Toto je vhodné pro hraní topspinu. Nevýhodou tohoto držení je, že ztrácí na horizontálním impulsu odletu míče, tedy na rychlosti míče. To musí hráč kompenzovat větší silou při švihu. (Schönborn, 2006) Při západním a polozápadním držení je míč odehrán se značným horním spinem, díky většímu podílu vertikálního pohybu rakety. Na tomto se podílí ulnární dukce zápěstí. Bolestivé zápěstí u hráčů může být spojováno s extrémní ulnární dukcí zápěstí při úderu. (Elliott, 1989)



**Obrázek 4:** Západní držení (Schönborn, 2006)

Polozápadní držení forhendu je dnes jedno z nejhranějších u závodních hráčů. U polozápadního držení, viz **Obrázek 5**, není úchop pootočen tak laterálně v porovnání s držením západním. Dochází zde ke kompromisu mezi vertikální a horizontální složkou impulsu odletu míče, a tak je míč pod kontrolou díky horní rotaci a zároveň je mu udělena razance. (Bollettieri, 2017)



**Obrázek 5: Polozápadní držení (Schönborn, 2006)**

## 1.2 Koordinace a timing

Jak uvádí Schönborn (2008): „Timing a rytmus se zpravidla považují za totéž. Ve spojení s časem (time) se timing často charakterizuje jen jako časový cit pro provedení úderu. (...) Především se dá timing charakterizovat jako časově naprosto přesné nasazení síly, a jde tudíž o náročnou senzomotorickou koordinaci.“

Specifické motorické dovednosti jsou vázány na kondiční a koordinační schopnosti jedince. Aby byl hráč schopen odehrát míč, potažmo celé tenisové utkání, musí disponovat určitou fyzickou zdatností a kondicí. Základními prvky kondice jsou rychlost, síla a vytrvalost. Dále je pro tenistu důležitá rozmanitost pohybů a technik, které musí být časově a prostorově přesně zkoordinovány do pouhých dvou sekund, po které tenisový úder trvá. (Schönborn, 2006) Koordinace znamená, že je hráč schopen posloupně a optimálně zapojovat jednotlivé svaly v kinematickém řetězci správnou měrou. Harmonizuje tak poměr síly, rychlosti a razance úderu ve správném načasování. Pro optimální koordinaci tenisového úderu je zapotřebí kognitivních schopností, jako jsou: percepce, anticipace, reakce, soustředění, orientace a vyhodnocování daných podmínek. Na tomto participují aferentní senzitivní a sensorické informace.

Optimální timing je důležitý pro úspěšnost úderu. Mohlo by se zdát, že timing zapojení svalů bude ovlivněn únavou hráče. Avšak Rota et al. (2014) ve studii *Influence of fatigue on upper limb muscle activity and performance in tennis* dochází k závěru, že ačkoliv s rostoucí únavou klesá EMG aktivita svalstva, navzdory tomu se neobjevuje

modifikace v timingu zapojení jednotlivých svalů. EMG aktivita svalstva na horní končetině klesá především u m. pectoralis major a svalstva předloktí (hlavně m. flexor carpi radialis a m. extensor carpi radialis). Únava slouží jako ochranný mechanismus omezující další energetické ztráty a hráč se poté snaží se najít kompromis mezi přesností a rychlostí úderu.

Optimální timing se objevuje společně se zlepšující se úrovní hráče. Je očividné, že nováčci nemají timing zcela osvojený. Z výsledků studie *The Effects of Scaling Tennis Equipment on the Forehand Groundstroke Performance of Children* (Larson, 2013) vyplývá, že při využití nízkotlakovaných míčů (též low compression balls) mají hráči více času na sledování trajektorie míče, přesunu k míči a nastavení tělesných segmentů pro stabilnější postoj odehrávky. Zde vyvstává otázka, zda vůbec a kteří začátečníci by profitovali z využití méně natlakovaných míčů. Tato studie byla prováděna u dětských začátečníků. Jako další kritický aspekt bylo zvažováno zmenšení plochy tenisového kurtu. V případě klasické velikosti tenisového kurtu je zapotřebí značná práce nohou a celkového objemu pohybu, což je pro mladé jedince náročnější. Využití menších velikostí kurtu (mini-tenis kurtu) napomáhá tomu, že se jedinec k odehrávanému míči dostane včas a bude mít více času na přípravu a správné postavení, které je nezbytné ke kvalitnímu odehrání míče a k tvorbě vhodných pohybových stereotypů. Tato studie tedy podporuje tvrzení, že využití zmenšeného kurtu a nízkotlakovaných míčů má podstatný vliv na proces učení tenisu a rozvoje vhodného timingu u mladých hráčů, kteří doposud nedosáhli fyzické vyspělosti. Na druhou stranu J. Hammond a Ch. Smith (2006) ve své studii shrnují, že není objektivizačně prokazatelný rozdíl mezi hráči vyučovanými s použitím nízkotlakovaných míčů oproti hráčům s využitím míčů standartních v delším časovém odstupu. Ačkoliv samotní trenéři těchto svěřenců hodnotí výrazně lepší efekt nízkotlakovaných míčů na rozvoj techniky u dětí. odstupu.

### ***1.2.1 Postura a její souvislost s pohybem***

Kolář (2009a) popisuje posturu jako: „aktivní držení pohybových segmentů těla proti působení zevních sil, ze kterých má v běžném životě největší význam síla tíhová. (...) Postura je základní podmínkou pohybu a nikoliv naopak.“ Při aktivním udržování tělesných segmentů oproti vnějším silám dochází ke svalové koaktivaci, tedy koordinované aktivitě agonistů a antagonistů, čímž se daný segment stabilizuje. Tento jev se nazývá posturální stabilizace. Pro kvalitní posturální stabilizaci je stěžejní, aby docházelo k vyrovnané koaktivaci mezi hlubokými extenzory krční, hrudní a bederní páteře, hlubokými krčními flexory, bránicí, svalstvem pánevního dna a břišní muskulaturou. (Kolář, 2009a) Aktivita těchto svalů tvoří tzv. integrovaný spinální stabilizační systém. Efektivitu pohybu a kvalitu sportovního výkonu ovlivňuje precizní koordinace mezi aktivitou těchto svalů a generováním intraabdominálního tlaku. Na regulaci intraabdominálního tlaku se podílí především koaktivace bránice, m. transversus abdominis a svalstva pánevního dna. Optimální aktivita tohoto integrovaného spinálního stabilizačního systému vytváří jakési punctum fixum pro okolní svaly, které tak mohou vytvářet kvalitní pohyb. (Frank, 2013)

Kvalitní posturální stabilizace se promítá do centrovaného postavení kloubů. Centrované postavení kloubu je takové postavení, kdy jsou síly působící na daný kloub rovnoměrně rozloženy na kloubní plochy a dochází tak k rozložení sil na maximální styčnou plochu. V tomto postavení je kloubní pouzdro a vazy nejméně napjaty. Centrované postavení kloubu je možné zajistit po celou dobu pohybu, avšak za předpokladu optimálního působení okolních svalů. (Kolář, 2009a) Při funkční rovnováze svalů v okolí kloubního segmentu je pohyb prováděn optimálně. V případě decentrace kloubu dochází k neoptimálnímu rozložení sil a možnému přetížení okolních struktur. Centrovaná pozice kloubu se vyznačuje vhodnou stabilizací a koordinací svalové funkce a optimálním přenosem sil v kinematickém řetězci. Je-li v řetězci jeden článek insuficientní, jeho činnost je kompenzována jinými svaly v kinematickém řetězci. Tím vzniká biomechanicky neoptimální aktivace svalstva vedoucí k potenciálně nižšímu výkonu. (Frank, 2013)

## 1.3 Základní biomechanické principy tenisové hry

Kvalitativní diagnostika pohybu klade důraz na aplikaci biomechanických principů. Pokud chceme vědět, na co se zaměřit při pozorování a hodnocení, je nutné porozumět základním biomechanickým principům, kterým nutně podléhá i technika hráče. To vidíme u elitních hráčů, kteří využívají maximální potenciál těchto principů.

### 1.3.1 Princip počáteční síly

Pomocí principu počáteční síly je iniciován pohyb. 2. Newtonův zákon, též Zákon síly, popisuje vztah mezi působící silou a zrychlením tělesa (v našem případě tělesného segmentu či míče), kdy zrychlení je přímo úměrné velikosti působící síly a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa (míče). Při odpalu musí tedy tenista generovat svalovou sílu pro udělení zrychlení míčku. Čím větší tato síla bude, tím míček odehraje s větším zrychlením.

Cílem náprahu je předpětí svalových vláken, díky čemuž se energie akumuluje do svalů a šlach, tedy do elastické energie. Tímto napnutím dosáhneme přeměny potenciální elastické energie na energii kinetickou. Existují tři základní premisy účinné přeměny těchto dvou energií. Jimi jsou: téměř okamžitá přeměna energií, svalová pružnost a optimální délka protažení. Po předpětí svalů by měl hráč přejít co nejrychleji do švihového pohybu, aby nedošlo ke ztrátě potenciální energie. Pro optimální práci by měl být sval ze své klidové pozice protažen cca o 20 % nad klidovou délku, v případě mnohonásobně většího protažení dochází k omezení síly svalové kontrakce. (Schönborn, 2006)

Hennemanův princip náboru motorických jednotek říká, že svaly nemohou ihned z počátku konat maximální práci a generovat maximální sílu. Henneman a spol. (1965) vysvětlují vztah mezi velikostí a excitabilitou spinálních motoneuronů. Zprvu se do svalové práce zapojují menší motoneurony schopny vyvinout menší sílu, avšak méně unavitelné. Později dochází k náboru větších motoneuronů s větší unavitelností. Maximální sílu tak není možné generovat z počátku pohybu, proto je nutná trajektorie rakety ve při švihu.

### ***1.3.2 Princip protipůsobení***

Princip protipůsobení se vyskytuje ve více fázích tenisového úderu. 3. Newtonův zákon, známý jako Zákon akce a reakce, vidíme při odrazu tenisty či samotném zásahu míče. Síla a protisíla mají vždy stejnou velikost, avšak opačný směr. V prvotní fázi tenisového úderu působí hmotnost tenisty akční silou na zemský povrch, naproti tomu působí v opačném směru reakční síla země. To vede k explozivnímu odrazu či zrychlení. Při zásahu míče dochází k nárazu a působení reakčních sil, hraje zde roli hmotnost a rychlost dvou předmětů. Pokud spojíme dobrý švih s výrazně vyšší hmotností rakety oproti tenisovému míči, dojde ke zrychlení tenisové výměny. (Schönborn, 2006)

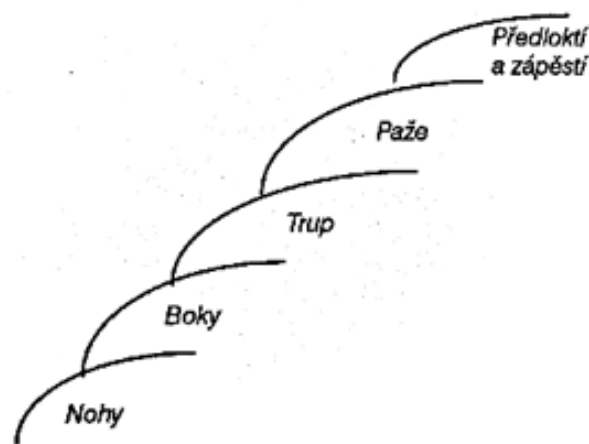
Hybnost lze vyjádřit jako součin hmotnosti a rychlosti tělesa, existují dva druhy hybnosti. Lineární hybnost působí po přímé dráze, v tenise se jedná o přenos váhy do směru úderu. Druhým typem je hybnost působící po kruhové dráze, tedy hybnost úhlová. Tu vidíme u jednotlivých tělesných segmentů, což je dáno anatomickým tvarem kloubů. Úhlová hybnost zahrnuje úhlovou rychlost a moment setrvačnosti (odpor, který klade těleso před zrychlením). Cílem je vytvořit optimální úhlovou hybnost horní končetiny a rakety pomocí koordinačního řetězce, a tím udělit optimální hybnost míči. (Crespo, 2002)

### ***1.3.3 Princip časové souslednosti dílčích impulsů***

Fyzikální veličina impuls síly vyjadřuje sílu působící v čase. Princip časové souslednosti dílčích impulsů pracuje s hypotézou přenosu impulsů síly, které jsou postupně iradiovány až do distálních segmentů v kinematickém řetězci. Výsledkem je zvýšení rychlosti švihů horní končetinou, tedy i rakety ve švihové fázi úderu. (Reid, 2013a)

Koordinační, též kinematický, řetězec Groppe (1986) definuje jako: „segmenty těla, které spolupracují jako systém do sebe zapadajících článků řetězu, kde síla vyvinutá jedním článkem (tělesným segmentem) je postupně přenášena k dalšímu článku.“

Koordinované zapojení jednotlivých segmentů v kinematickém řetězci umožňuje optimální přenos impulsu síly. Muhamad (2016) tvrdí, že rotace dolní a horní poloviny těla je významným zdrojem síly v tenisovém úderu. Z tohoto jasně vyplývá nutnost zapojení celého kinematického řetězce počínaje svalstvem dolních končetin. Následuje rotace osy boků a osy ramen, poté rotace humeru vůči lopatce, extenze lokte, pronace předloktí a konečná flexe zápěstí (viz Obrázek 6). Jedině tak je možná maximalizace síly, tenisový úder se pak stává skutečně efektivní. Elliot (2006) uvádí, že riziko zranění stoupá v případě, že je tok energie a přenos sil v jednotlivých částech řetězce alterován. Pokud je určitá komponenta řetězce vynechána či nedostatečně zapojena, dochází tak ke kompenzaci ostatními částmi, to může vést k přetížení tkáně.

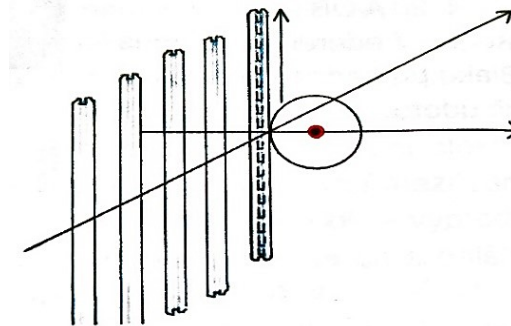


**Obrázek 6:** Posloupnost segmentů těla v kinematickém řetězci (Crespo, 2002)

Mechanismus fungování kinematického řetězce je dán nejen velikostí kloubních momentů, potažmo úhlové rychlosti, ale závisí i na daném úhlovém nastavení segmentů, jak zdůrazňuje Hitashima et al. (2008). Jelikož postavení končetiny ovlivňuje moment setrvačnosti. Proto je vhodné se při hodnocení úderu zaměřit na jednotlivé úhlové nastavení tělesných segmentů.

### 1.3.4 Princip zachování impulsu

Tenista odehrává míč na určitý cíl, kam rovněž směřuje svůj pohyb. Dráha míče po odpalu je dána vektorem úderového impulsu, tedy impulsem odletu míče. Není možné, aby hráč odehrál míč přímo, vždy je míči udělena nějaká míra rotace. To je způsobeno anatomickým tvarem kloubu způsobující obloukovitou trajektorii rakety. Při úderu vznikají dva vektory – jeden vodorovný procházející těžištěm míče a druhý kolmý směřující v závislosti na směru rotace. (Schönborn, 2006) Horizontální vektor daný přímým pohybem rakety určuje zrychlení míče a vektor vertikální se podílí na rotační složce odletu, viz **Obrázek 7**.



**Obrázek 7:** Horizontální a vertikální vektor zásahu míče (Schönborn, 2006)

Zákon setrvačnosti říká, že těleso zůstává v klidu či v rovnoměrném přímočarém pohybu, pokud je výslednice vnějších sil nulová. Jinými slovy podle Crespa (2002): „Setrvačnost je odpor, který tělo klade změně jeho pohybového režimu.“ U tenisty Zákon setrvačnosti vidíme často, ať už při rozběhu, brždění či změny směru pohybu. V základním postoji u základní čáry má tenista značné množství klidové setrvačnosti, kterou musí při reakci na přicházející míč překonat. Se Zákonem setrvačnosti velmi úzce souvisí moment setrvačnosti. Moment setrvačnosti je zcela zásadní v úderové fázi. Pokud tenista hraje forhend s nataženým loktem, překonává větší odpor způsobený momentem setrvačnosti, svalstvo vykonává větší práci, rychleji se unaví a celkově je náročné paži uvést do pohybu. Proto se tenisový forhend hraje zásadně s mírně pokrčeným loketním kloubem. Dojde tak ke zmenšení rotačního poloměru, tím pádem k menšímu momentu setrvačnosti a hráč je pomocí trupu a pletence ramenního schopný udělit paži (potažmo zápěstí a raketě) větší úhlovou rychlost. (Schönborn, 2006) Naopak výrazně pokrčený loket při zásahu míče rovněž ubírá na účinnosti kinematického řetězce.



### 1.3.5 *Princip optimální dráhy zrychlení*

Proto, aby byla paži a raketě udělena optimální dráha zrychlení, je nutná určitá délka této trajektorie, té dosáhneme náprahem rakety. Dále se soustředíme na optimální bod zásahu míče v této trajektorii. Trajektorie pohybu tělesných segmentů by měla být bez výchylek, a proto je nutná koordinace, timing a správné zapojení kinematického řetězce. Do optimální dráhy zrychlení se promítá i rotační pohyb těla kolem vlastní osy. Hovoříme pak o úhlové rychlosti. Čím vyšší je úhlová rychlost, tím větší úhlovou dráhu segment za daný čas urazí. V mnoha sportech je úhlová rychlost významným faktorem podílejícím se na kvalitě výsledného výkonu (potažmo úderu). (Schönborn, 2006) V tenise se snažíme zdokonalit úhlovou rychlost právě ve fázi švihů a okamžiku zásahu míče.

### 1.3.6 *Rovnováha*

Rovnováha je zajištěna pozicí těžiště nad opěrnou bází. Ta je určena chodidly a jejich vzdáleností od sebe. Chodidla by měla být vzdálena minimálně na šířku ramen, při rychlejších úderech je doporučováno širší rozkročení. Pokud jsou nohy blízko u sebe, pozice je nestabilní. Díky pokrčení v kyčlích, kolenou a kotnících dochází ke snížení těžiště těla, a tak se stává stabilnější, jak uvádí studie *Kinematic Analysis on the Forehand Stroke of ATP Tennis Player Karen Khachanov* (Du, 2017).

V úderu záleží nejen na výšce těžiště, ale i na pozici trupu. Čím více se horní polovina těla vychyluje, tím více je rovnováha narušena. Rovnováha je taktéž zajištěna pomocí somatosenzitivních a sensorických informací. Na udržování rovnováhy se podílí vestibulární aparát a extenzory krční páteře. Pro hráče je tak stěžejní držet hlavu i trup v jedné ose. (Horak, 2001)

Rovnováha je rovněž dána kvalitou opory. „Opora je místem, které tvoří punctum fixum celé stabilizační souhry. Z opěrných míst vychází vzpřímení a cílený pohyb. Při chybné opoře není možné zajistit napřímení páteře,“ jak popisuje Kolář (2009a), který rovněž uvádí nutnost centrované opory. Centrovaná opora se promítá do kvality posturální stabilizace, a to zejména u nohy, která je základnou pro vzpřímené držení těla.

Pokud je úkol nadmíru posturálně-pohybové náročný, může tenista ztratit rovnováhu. U mladistvých závodních tenistů bylo zjištěno, že až 80 % veškerých chyb je zapříčiněno ztrátou rovnováhy. Zatímco špičkoví hráči rovnováhu prakticky neztrácejí. A pokud ano, jsou schopni ztrátu rovnováhy kompenzovat pohybem paže. (Schönborn, 2006) Rovnováha má tak přímý vliv na úspěšnost úderu.

## 1.4 Optimální technika z pohledu biomechaniky

Tenisová hra se neustále vyvíjí a úder se zrychluje. A to nejen díky zdokonalující se technice, skvělé fyzické kondici hráčů, ale i modernímu vybavení. Strategicky umístěný a rychle letící míč je pro soupeře těžce hratelný. Proto umět zahrát rychle letící míč je pro hráče podstatné. Rychlost míče je ovlivněna především rychlostí rakety, z níž se impuls síly přenáší na míč ve fázi zásahu míče. (Rota, 2014) Podle Feng Li a Lu Liu (2013) síla stisku rakety nemá na rychlost odpalu míče zjevný vliv, avšak dostatečně pevný stisk rakety zabrání nechtěnému zvrtnutí a odehrání míče mimo střed rakety.

V moderní tenisové hře vidíme tenisty odehrávající míč značnou silou. Stupeň úspěšnosti jedince tak ovlivní mechanická účinnost jeho úderu a přenos sil proximodistálním směrem. (Reid, 2002) Výslednou produkci síly (potažmo rychlosti a spinu míče) tenisté ovlivní skvělou koordinací celého těla a přenosu sil v rámci kinematického řetězce. Kinematický řetězec je tak základní konstrukcí pro účinnou hru a produkci maximální výbušné síly, rovněž tak pro oddálení únavy. (Feng, 2013) Za důležitý zdroj síly forhendového úderu je považována rotace horní a dolní poloviny těla, kdy je energie přenášena vzhůru od dolních končetin přes pánev, trup až na rameno, loket, zápěstí a následně raketu. (Muhamad, 2016)

Chow (2003) ve své studii zkoumal zapojení svalstva trupu při servisu pomocí povrchové elektromyografie a poukazuje na koaktivaci svalstva trupu a jeho roli při stabilizaci bederní páteře během úderu. Břišní svaly více participují při podání topspinem, v porovnání s přímým servisem. Aktivace svalstva trupu je tak podstatná pro kvalitní zapojení svalstva pletence ramenního, potažmo pro výsledný úder. Takahashi (1996) taktéž podmiňuje účinnost švihové fáze dominantní horní končetiny v závislosti na přenosu sil vycházející z rotace kyčelního kloubu a trupu ve fázi těsně před zásahem míče.

Dalším klíčovým znakem, jenž se podílí na úspěšném forhendě, je postavení jednotlivých segmentů horní končetiny. Duane V. Knudson ve studii *Intrasubject Variability of Upper Extremity Angular Kinematics in the Tennis Forehand Drive* zjistil, že u forhendů, jež hraje hráč ve stejné výšce plus stejným směrem, vykazuje téměř totožné úhlové nastavení lokte a zápěstí ve fázi zásahu míče. (Knudson, 1990) Otázkou zůstává, do jaké míry je stabilní nastavení koncových segmentů ovlivněno kvalitní koordinací segmentů předchozích.

### **1.4.1 Biomechanika jednotlivých fází forhendu**

Nápřahová fáze ovlivňuje rozsah a rychlost pohybu následující švihové fáze. Nápřah slouží k předpětí svalů, které se poté účinněji kontrahují v tzv. stretch shortening cycle. Tento cyklus můžeme připodobnit k napnutí tětiny luku, čímž je šíp vymrštěn o to dále a rychleji. (Du, 2017) Za zcela klíčové pro nejvyšší možnou akceleraci rakety považuje King et al. (2012) tyto dva aspekty: na sebe navazující pohyby v kloubech při nápřahu a jejich rozsah. Ve fázi nápřahu tak vidíme abdukci a zevní rotaci v ramenním kloubu, mírnou flexi až extenzi v kloubu loketním a supinaci předloktí. Nejedná se však pouze o pohyb horní končetinou, nápřahu se účastní celý kinematický řetězec.

Při nápřahu rotuje osa ramen dozadu, přibližně 90 - 110° v závislosti na typu postavení a směru úderu. Stejně tak v menším poměru rotuje i osa pánve. Tím, že horní trup rotuje oproti dolnímu poměrně více, je dosaženo předpětí svalů. Maximálního rozdílu je dosaženo na konci nápřahové fáze, hovoříme zde o separačním úhlu. Separační úhel v transverzální rovině zobrazuje rotaci ramen vůči pánvi na konci nápřahu, dosahuje obvykle 20 - 30°. (Takahashi, 1996). Studie z roku 2010 porovnávající dospělé a juniorské závodní hráče nejvyšší kategorie uvádí, že juniorští hráči vytváří větší separační úhel než dospělí hráči. To probíhá zřejmě z důvodu většího předpětí svalů trupu a ramene, ve snaze vytvořit co největší moment síly. Dospělí elitní hráči tak vykazují menší separační úhel zřejmě z důvodu lepšího využití potenciálu kinematického řetězce a biomechanických principů v rámci techniky. (Landlinger, 2010b)

V nápřahové fázi se těžiště pohybuje dolů, a to vlivem pokrčení dolních končetin. Snížené těžiště zajišťuje hráči vyšší stabilitu a kvalitní oporu pro následné explozivní odrazení se od země. (Nesbit, 2008) Na konci této fáze dosáhne rotace boků, trupu a ramen extrémního postavení, což umožňuje maximální předpětí, tedy akumulaci elastické energie, která se transferuje do švihové fáze úderu.

Krátká pauza mezi fází nápřahu a švihu a následný plynulý přechod do švihové fáze podporuje lepší přenos uložené elastické energie do energie kinetické, a tím její využití. Tělesné segmenty se pak pohybují o to rychleji (Elliot, 1999). Během švihové fáze se těžiště pohybuje směrem vzhůru a dopředu. Dochází tak k odtlačení se od země, vzpřímení se na stojné noze a k přenosu váhy směrem k míči či k výskoku. Na zadní noze probíhá extenze a abdukce v kyčelním kloubu, která dále napomáhá rotaci trupu, jak popisují Iino a Kojima (2001).

Aktivita trupu značně ovlivňuje kvalitu výsledného úderu. To zdůrazňuje jak Landlinger et al. (2010b), tak Bahamonde a Knudson (2003), kteří se shodují, že aktivace a rotace trupu hraje zcela zásadní roli pro zrychlení rakety. Při rotaci trupu vzad při nápřahu dochází k předeprnutí vnitřních rotátorů ramene, což pomáhá generování švihové síly. To podporuje i výsledek další Landlingerovy studie (2010b), ve které elitní hráči vykazovali oproti jiným závodním hráčům značně větší úhlovou rychlost rotace pánve a horního trupu ve fázi zásahu míče. Obecně řečeno, existuje korelace mezi úrovní hráče a rychlostí rakety při švihu, potažmo rychlostí odehraného míče. Zvyšující se rychlost rakety při švihu vzhledem k vyšší úrovni hráče popisuje jak Rota et al. (2014), tak i Rusdiana (2021). Iino a Kojima (2001) zdůrazňují, že rotace trupu je vytvořena díky extenzi zadní nohy. Pokročilí hráči lépe koordinují svůj pohyb a více zapojují trup při úderu. Proto je práce trupu, která zastává až 67,8 % z celkové práce těla, stěžejním předpokladem pro rychlost rakety. (Nesbit, 2008)

Aby byla provedena kvalitní švihová fáze, musí probíhat v zásadě téměř identicky jako švihnutí bičem, tzn. rychlost segmentů se přenáší směrem proximo-distálně. (Du, 2017) Avšak to, v jakém čase se nejvyšší rychlost rakety objevuje, je relativní. Rusdiana (2021) poukazuje na to, že u zkušených hráčů se maximální rychlost rakety objevuje přímo v čase zásahu míče. Zatímco u začátečníků se maximální rychlost rakety objevuje těsně před zásahem. To může být zapříčiněno neoptimálním timingem. Horizontální addukce spolu s vnitřní rotací paže se významně podílí na rychlosti rakety. (Reid, 2013b)

Osa ramen při švihové fázi rotuje dopředu poměrně více oproti ose boků. Ve fázi zásahu míče je osa ramen nastavena téměř paralelně s rovinou sítě. (Landlinger, 2010a) Nastavení paže vůči trupu (resp. abdukce v ramenním kloubu) je ovlivněná jak výškou úderu, tak držením rakety. Hráči se západním držením rakety hrají úder blíže u těla, taktéž u nich nalzáme větší míru zevní rotace v ramenním kloubu oproti držení východnímu. Stejně tak se liší při zásahu míče úhel flexe v loketním kloubu. U západního držení je loket více pokrčen. (Elliott, 1997) Čím více je loket pokrčen, tím se zmenšuje moment setrvačnosti končetiny, a tak je pro hráče snazší vyvinout rychlejší švih. V rámci kinematického řetězce má loket vliv na rychlost a sílu pohybu zápěstím. V pozdní fázi švihu se zápěstí pohybuje do flexe, avšak stále ve fázi zásahu zůstává extendováno (Reid, 2013a), v úhlovém nastavení podle Landlingera přibližně 53°. (2010a)

Optimální provedení fáze protažení úderu ovlivňuje kvalitu výsledného úderu. Způsob protažení úderu je různorodý. Liší se v závislosti na typu držení, taktické situaci, typu a směru úderu. Větší úhlová rychlost pánve a ramen během zásahu míče způsobí, že je projev follow through masivnější. Čím větší je úhlová rychlost trupu a lineární hybnost těla, tím pravděpodobněji dojde k přesunu zadní nohy dopředu. Tento krok dopředu pomáhá vyrovnat rovnováhu a zpomalit švihový pohyb, zároveň dochází k brzděmu pohybu při excentrickém zapojení svalstva. Zdatní hráči umí efektivně využít zapojení trupu, a tím vykonat větší úhlovou rychlost pánve a ramen, proto je fáze follow through stěžejní. (Landlinger, 2010a) Po dokončení tohoto pohybu nohou se může tenista rychle vrátit zpět a začít přípravnou fází nového úderu.

Ve své studii Du et al. (2017) zdůrazňují, že pokud chce tenista udělit míči značný spin, pak od momentu kontaktu míče s raketou rychle rotuje své předloktí ve směru levého boku, čímž zvýší rychlost rakety ve frontální rovině. Pokud konec fáze protažení úderu stanovíme jako moment, kde je úhel mezi trupem a rameny nejvyšší, pak na konci fáze follow through nacházíme přirozeně ohnuté klouby horní končetiny, např. u tenisty na ATP úrovni tento úhel mezi boky a rameny odpovídá  $76^\circ$ . (Du, 2017) Zatímco Reid (2013a) dodává, že se mezi tenisty používá empirická poučka - v této fázi nacházíme přibližně pravý úhel mezi trupem a rameny a stejně tak pravý úhel v lokti. Koncové postavení rakety tak může být značně variabilní. Raketa se může nacházet nad úrovní ramen, jak tomu bývá ve většině případů, stejně tak i pod úrovní ramen v závislosti na herní situaci.

### 1.4.2 Kvantitativní hodnocení úderu: úhlové nastavení tělesných segmentů

Aby byl úder optimálně zahrán, je pro tenistu stěžejní mít v daných fázích úderu přesné úhlové nastavení tělesných segmentů. To umožňuje maximální a efektivní využití potenciálu pohybového aparátu. Jedná se tak o aplikaci optimální biomechaniky v praxi. Úhlové nastavení tělesných segmentů bylo zkoumáno u hráčů nejvyšší kategorie, viz Tabulka 1 a Tabulka 2. To vytváří jakýsi ideální model úhlového nastavení tělesných segmentů v závislosti na fázi úderu.

Úhlové nastavení	Přípravná fáze	Konec náprahové fáze	Fáze zásahu	Fáze protažení
P rameno [°]	30,3	79,4	62,3	84,5
P loket [°]	94,4	149,5	107,1	106,8
Raketa-předloktí [°]	106,3	136,8	105,4	76,3
L bok [°]	123,6	144,8	157,8	167,7
P bok [°]	121,6	131,5	166,8	177,2
L koleno [°]	125,3	132,6	165,0	139,2
P koleno [°]	108,9	112,1	154,6	115
L kotník [°]	98,5	88,7	124,2	113,5
P kotník [°]	101,6	81,5	115,0	119,5

Tabulka 1: Úhlové nastavení tělesných segmentů v závislosti na jednotlivých fázích úderu u elitního dospělého hráče, podle Du et al. (2017) 1

<sup>1</sup> Úhel ramene je úhel mezi trupem a paží. Úhel lokte je úhel mezi předloktím a paží. Úhel raketa-předloktí odpovídá úhlu mezi předloktím a rukojetí rakety. Úhel boků je úhel mezi boky a stehnem. Úhel kolen odpovídá úhlu mezi stehnem a bércelem a úhel kotníku je dán úhlem mezi bércelem a nohou.

Úhlové nastavení	Konec náprahové fáze		Fáze zásahu		Fáze protažení	
	Dospělí	Junioři	Dospělí	Junioři	Dospělí	Junioři
Osa ramen [°]	195,3 ± 9,5	194,1 ± 10,2	82,8 ± 10,2	92,8 ± 13,7	67,3 ± 10	84,3 ± 14,9
Osa boků [°]	172,4 ± 9,4	167,2 ± 8,8	96,9 ± 9,1	101,6 ± 9,7	85,2 ± 9,6	95,3 ± 9,4
Loket [°]	109,3 ± 21,4	118,6 ± 24,7	120,9 ± 12,6	119,5 ± 15,4	-	-
Raketa-předloktí [°]	-	-	125,7 ± 9,6	127,9 ± 5,3	-	-

*Tabulka 2: Úhlové nastavení tělesných segmentů v závislosti na jednotlivých fázích úderu u 6 dospělých (23 ± 2,3 let) a 7 juniorských (16,3 ± 0,5 let) závodních hráčů vysoké kategorie, podle Landlingera et al. (2010b)2*

Z rozdílu úhlů osy ramen a osy boků můžeme vyčíslit separační úhel (viz Tabulka 2). Na konci náprahové fáze je separační úhel u dospělých závodních hráčů přibližně 23°, zatímco u juniorských závodních hráčů je tento úhel přibližně 27°. Jedno z možných vysvětlení je takové, že dospělí závodní hráči mají již lépe zvládnutý timing daných maximálních úhlových rychlostí a vyšší silovou rychlost, a tak není nutné, aby u nich docházelo k takovému předpětí svalstva trupu.

Zapojení trupu ovlivňuje výslednou kvalitu úderu. Toto zapojení je popisováno pomocí rotace osy ramen a boků. Pro objektivizaci kvality zapojení trupu v úderu se uvádí parametr maximální úhlové rychlosti. Dvě na sobě nezávislé studie publikují následující výsledky, viz Tabulka 3 a Tabulka 4.

Maximální úhlová rychlost	Začátečníci	Pokročilí
Rotace osy ramen [°/s]	545,0 ± 82,9	778,0 ± 78,4
Rotace osy boků [°/s]	340,5 ± 40,6	505,2 ± 61,5

*Tabulka 3: Maximální úhlová rychlost u devíti začátečníků (hrajících méně než 6 měsíců) a devíti pokročilých hráčů (hrajících více než 5 let). (Rusdiana, 2021)*

Maximální úhlová rychlost	Dospělí	Junioři
Rotace osy ramen [°/s]	745,0 ± 82,1	728,0 ± 71,7
Rotace osy boků [°/s]	540,5 ± 40,5	505,2 ± 63,2

*Tabulka 4: Maximální úhlová rychlost u šesti dospělých (23 ± 2,3 let) a sedmi juniorských (16,3 ± 0,5 let) závodních hráčů vysoké kategorie. (Landlinger, 2010b)*

<sup>2</sup> Vysvětlivka k hodnotám Osa ramen (°) a osa boků (°): Pokud jsou tyto osy rovnoběžné se základní čarou, označuje se tento úhel jako 90°. Při rotaci vzad tudíž hodnota stoupá. Při konečné fázi náprahu je osa přibližně kolmo k základní čáře, pak by byl tento úhel označen hodnotou 180°.

## 1.5 Motorický vývoj jedince a vznik specializovaných motorických dovedností

Abychom si osvojili specializovanou dovednost, tedy hraní tenisového úderu, je zapotřebí skloubit stupeň motorického vývoje jedince a projít jednotlivými fázemi vývoje motorických dovedností. Pro tenisový forhend je typický vzor otáčení (ipsilaterální vzor), jenž v motorickém vývoji vidíme již v 6. měsíci. Spaeth (2013) říká, že pochopení a začlenění vývojového přístupu do analýzy pohybu a výuky sportu je stěžejní, jelikož kvalita založení těchto vzorů se později promítá do kvality aktivace jednotlivých částí ve sportu. Pro tenisového trenéra dětí a mládeže je tak podstatná znalost ranných a pozdních vývojových milníků. Je třeba brát v potaz, že časové dosažení vývojových milníků může být variabilní.

Posloupnost zrání a vývoje vedoucí k získání specifických dovedností rozdělili autoři Seefeldt a Burton do jednotlivých a na sebe navazujících kategorií. Vznik specializovaných motorických dovedností (forhendu) začlenil Seefeldt (1980) do čtyřbodové hierarchie. Základ tvoří spontánní posturální aktivita dítěte, jež je odrazem zralosti centrální nervové soustavy. Při správném vývoji dochází ke správné koaktivaci svalstva a je nastolena správná svalová synergie, vidíme základní vývojové milníky (tzn. otáčení, pozice na čtyřech, šikmý sed aj.). Za druhé následuje rozvoj základních motorických dovedností, jež můžeme rozdělit na lokomoční (chůze, běh, skok, skluz) a pohybové (otočka, kop do míče, tlačení či zvednutí předmětu, hod, chytání). Za těmito body vytvořil Seefeldt hranici. Uvádí, že zvládnutí těchto předchozích základních motorických dovedností je zcela esenciální pro rozvoj dovedností vyšší úrovně. Třetím stupněm jsou tzv. přechodné motorické dovednosti, které by se daly interpretovat jako ztížené základní dovednosti, např. skákání přes švihadlo. Posledním čtvrtým stupněm jsou specifické sportovní dovednosti (tenis, fotbal, hokej, vždy konkrétní pro daný sport). I zde záleží na rozvinutých schopnostech a tréninku jedince.



Nezávisle na Seefeldtovi, Burton (1998) rozdělil vývoj motorických schopností do těchto čtyř kategorií:

#### 1. Milníky ranného vývoje

Posturální aktivita a lokomoce, které dítě dosahuje dříve než samostatné vzpřímené bipedální lokomoce, jsou považovány za ranné milníky motorického vývoje. Ty se objevují především do prvního roku od narození a kvalita jejich založení ovlivňuje budoucí hybné stereotypy. Mezi tyto milníky patří např. otáčení ze zad na břicho v 6. měsíci, dále lezení, vzpřimování, sezení a chůze. Nástup prvních kroků vidíme obvykle v období od 12 do 13 měsíců okolo nábytku. Samostatná bipedální lokomoce nastává až kolem 14.-16. měsíců. (Skaličková-Kováčiková, 2017)

#### 2. Základní pohybové dovednosti

Základní pohybové dovednosti jsou fylogeneticky zakódované. Základní pohybové dovednosti se objevují mezi 1. a 7. rokem věku dítěte. Řadíme mezi ně základní lokomoční dovednosti jako: chůzi, běh, skákání, lezení, klouzání aj. Dále sem patří i manipulace s předměty, jako je házení, chytání, kopání a údery aj. (Burton, 1998)

#### 3. Specializované pohybové dovednosti

Specializované pohybové dovednosti jsou úkolově specifické. Nejsou již fylogeneticky společné, jejich vývoj závisí na konkrétním rozvoji a aktivitě jedince. Gallahue a Ozmun (1995) definují specializované pohybové dovednosti jako: „zralé základní pohybové dovednosti, které byly zdokonaleny a spojeny tak, aby vytvořily sportovní dovednosti a jiné specifické komplexní pohybové dovednosti.“ Příkladem specializované pohybové dovednosti může být nadhoz míče při podání, přesný a koordinovaný pohyb k míči, správné postavení nohou při hraní forhendu a mnoho jiných. Rozvoj specializovaných pohybových dovednosti úzce souvisí s procesem motorického učení.

#### 4. Funkční pohybové dovednosti

Funkční pohybové dovednosti jsou kombinací tří výše zmíněných dovedností. Jsou vykonávány přirozeně vzhledem k dané situaci, jsou začleněny do celkového sportovního výkonu jedince. Příkladem může být hraní tenisového forhendu jako returnu v tenisovém zápase. Stále však podléhají procesu vývoje a učení. (Burton, 1998)

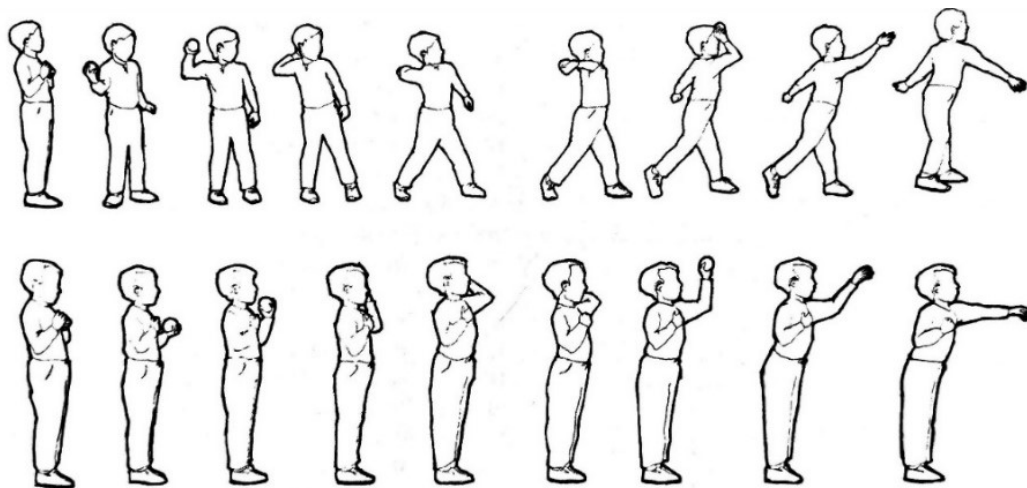
Ad 1.: Jako zásadní vývojový milník považujeme otáčení, které je dokončeno v 6. měsíci. Jak tento vývoj probíhá? Ve 4. měsíci je dítě v poloze na zádech schopno uchopit hračku ze střední roviny, přes střední rovinu se dostává až ve 4,5 měsících, což dává základ diferenciaci končetin na opěrné a úchopové. Díky rozvoji úchopu přes střední rovinu se dítě dostává v 5. měsíci na bok, v 6. měsíci se ze zad otočí do polohy na břiše a objevuje se tak ipsilaterální vzor otáčení. (Skaličková-Kováčiková, 2017) Právě onen ipsilaterální vzor otáčení je základním stavebním kamenem pro provedení forhendu. Neoptimální zapojení svalů v tomto vzoru při tenisovém úderu může vést nejen k nižším výkonům, ale i k přetěžování pohybového aparátu.

Při ipsilaterálním vzoru pohybu se tělo otáčí kolem osy. Aby se tělo kolem osy otočilo, je zapotřebí aktivity trupového svalstva. Na trupu rozlišujeme dva základní břišní řetězce otáčející tělesnými segmenty. Obecně platí, že svaly jednoho trupového řetězce mají podobný průběh svalových vláken. První břišní řetězec zprostředkovává rotaci osy pánevní. Naopak rotaci osy ramen zajišťuje druhý břišní řetězec. Směr tahů obou řetězců se kříží. Pro bližší vysvětlení: svalstvo prvního břišního řetězce má punctum fixum na rameni, k němuž je směřován tah svalů z oblasti kyčle. U praváka hrajícího forhend se tak v prvním břišním řetězci zaktivují svaly následující: na pravé polovině těla adduktory kyčelního kloubu, m. ilipsoas, m. tensor fasciae latae, m. gluteus medius a m. obliquus internus abdominis; na levé polovině těla m. obliquus externus abdominis, m. serratus anterior, m. pectoralis major, m. biceps et triceps brachii, mm. teres major et minor, mm. rhomboidei, kaudální část m. trapezius a kaudální část m. latissimus dorsi. (Skaličková-Kováčiková, 2017) Aktivace tohoto břišního řetězce rotuje pánev směrem do úderu při švihové fázi.

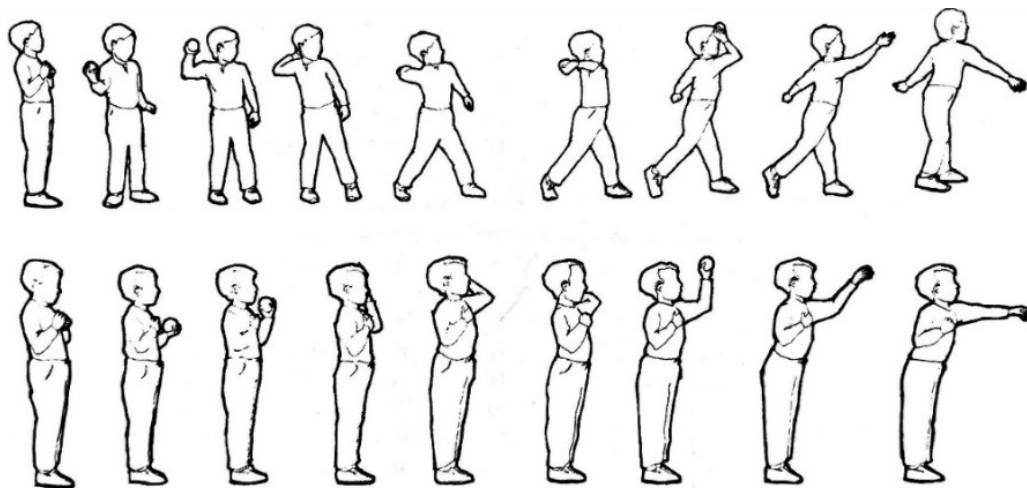
Naopak směr tahu svalů druhého šikmého břišního řetězce je od ramene ke kyčli, kde se nachází punctum fixum. Uvažujme stejný příklad forhendu pravou rukou. Zde jsou v řetězci aktivní svaly následující: na pravé polovině těla ventrálně m. pectoralis major, m. serratus anterior a m. obliquus externus; dorzálně pak m. teres major et minor, m. triceps brachii, kaudální část m. trapezius a latissimus dorsi. Na pravé straně se aktivuje m. obliquus internus abdominis, m. iliopsoas, m. tensor fasciae latae a taktéž m. gluteus medius. (Skaličková-Kováčiková, 2017) Aktivitou tohoto řetězce dochází k rotaci osy ramen, díky čemuž je tenista schopen vyvinout kvalitní švih. V rámci znalosti optimálního tenisového úderu je vhodné zdůraznit propojení aktivity trupu a končetin, promítající se do kvality výsledného úderu.

Díky zohlednění motorického vývoje a dovedností docházíme k přesnější kvalitativní diagnostice pohybu vzhledem k individualitě hráče. Knudson (2013) ve své knize *Qualitative Diagnosis of Human Movement* zmiňuje vývojové změny pohybu spojené s dospíváním dítěte, které nazývá vývojové sekvence.

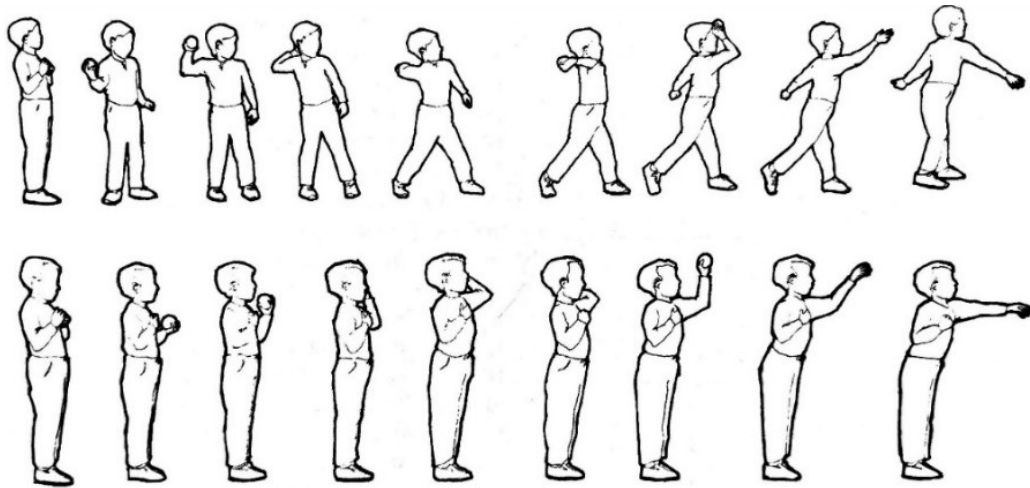
Pozoruhodné sjednocení pohledu na celotělovou vývojovou sekvenci poskytl Wickstorm (1983) při popisu hodu přes rameno. Stupeň zralosti hodu, jakožto ipsilaterálního vzoru, určuje i to, jaké možnosti pohybů budou pro dítě dostupné při hraní tenisového forhendu. Jelikož se tenisový úder podobá právě hodu. Vývoj hodu, jako základní pohybové dovednosti, probíhá u dítěte mezi 2. až 7. rokem. Zralý hod přes rameno se objevuje okolo 6.-7. roku dítěte, viz horní polovina



Obrázek 8. Oproti hodu v ranných stádiích obsahuje zralý hod jednotlivé fáze. Těmito fázemi jsou: náskok, nápřah, rotace trupu a protažení. Tyto fáze vidíme i při forhendu. Naopak ranné stádium vývojové sekvence hodu (zobrazené na dolní polovině



Obrázek 8) zahrnuje pouhou flexi a extenzi v lokti v sagitální rovině, bez většího zapojení trupu či nároku. Postupem motorického vývoje a zlepšování dovedností dojde k aktivaci a propojení jednotlivých částí pohybu, který tak bude plynulý a biomechanicky účinnější.



**Obrázek 8:** Dva stupně hodů přes rameno podle vývojové sekvence (Knudson, 2013)

Autoři Robertson a Halverson (1984) hodnotili hod přes rameno s důrazem na jednotlivé tělesné segmenty. Zaměřujeme se na pohyb trupu, paže, předloktí, švihového pohybu a práci nohou – nárok, přenos váhy. Autoři zdůrazňují, že zralý hod nasedá na kvalitnější zapojení trupu ve stereotypu házení.

## 1.6 Motorické učení

Proces motorického učení je zcela zásadní, konkrétní pohybové činnosti je nutné opakovaně provádět, trénovat a osvojovat si je. (Hardy, 2010) Při analýze pohybu v rámci kvalitativní diagnostiky zohledňujeme, v jakém stupni motorického učení se hráč nachází. Cílem motorického učení je dosažení specifické dovednosti. Existují základní tři stupně motorického učení, a to tedy stupeň poznávací, dále asociativní a následně automatizace.

Poznávací stupeň je seznámení se s pohybem. Hráč vědomě přemýšlí o úkolu a provedení jednotlivých fází. V této fázi probíhá mnoho chyb a hráč není schopen optimální koordinace a timingu. Doposud je dovednost na 30 % potenciálního maxima. (Crespo, 2002)

Opakováním dochází k tvorbě obrazu pohybových programů, které se postupně začínají ukládat do podkorových struktur. Dochází k osvojování techniky. Crespo (2002) uvádí, že v asociativním stupni učení je dosaženo cca 75 % potenciální maximální dovednosti, tím pádem je technika a provedení úderu více stabilní. Hráč ví, co se po něm požaduje a je schopen pohyb provést ve zjednodušených podmínkách. Pro zdokonalování hráče je nadmíru důležitá zpětná vazba a trénování.

Automatizace je proces, v němž jsou pohybové programy ukládány do podkorových struktur. Hráč se nemusí vědomě soustředit na provedení pohybu během úderu. Postupem času si tedy vybudujeme jednotlivé pohybové programy, které máme k dispozici a které alterujeme dle různých proměnných. Není neobvyklé, že dochází k automatizaci i nevhodných programů. Odstranit špatně vybudované programy je náročné. Po ukončení procesu automatizace přichází další nadstavba – preciznost a zdokonalování, při nichž jsou pohybové programy dále pilovány, aby byly účinné v rozmanitých herních situacích. (Schönborn, 2008)

## 1.7 Pedagogicko-psychologické aspekty

Součástí komplexního přístupu k hráči je rovněž i zohlednění psychologického aspektu do sportovní přípravy a tenisové hry. Pro trenéra je podstatná znalost typu osobnosti hráče, jeho obvyklé reakce a motivace. Trenér by měl dále zohledňovat věk, pohlaví a herní úroveň jedince. Crespo (2002) popisuje psychologické odlišnosti v rámci tenisu u mužů a žen. Z hlediska psychologické stability bývají muži méně labilní, ženy naopak citlivější. Muži mohou mít větší sebedůvěru, zatímco ženy častěji projevují pocit nejistoty. Toto však není pravidlem, vždy se jedná o individuální a proměnlivé aspekty v závislosti na věku, zkušenostech a osobnosti jedince.

## 1.8 Kvalitativní diagnostika pohybu

Vnímání lidského pohybu je samo o sobě obtížné. Zvláště pokud je pro pozorovatele důležité identifikovat jednotlivé tělesné segmenty v rychlých fázích pohybu. Nemálo kdy se u tenisu stává, že není naplněn potenciál efektivního hodnocení a instrukce. Je tomu tak proto, že je vytvořen jakýsi obecně platný zvyk trenérů, kdy v majoritní většině tréninků diagnostikují pohyb hráčů zpředu z druhé poloviny dvorce, zatímco v reálném čase současně odehrávají další výměny.

Jaké faktory ovlivňují sportovní výkon? Jaké jsou hlavní kritické body, na které se u daného sportu zaměřovat? Jakým způsobem pozorovat sportovní výkon? Jaké aspekty pohybu hodnotit a v jakém pořadí? Jak zlepšit výkon konkrétního hráče? Jaké nacházíme chyby v daném výkonu a z čeho pramení? Jak účinně instruovat hráče? To všechno a mnoho dalších jsou otázky, které si klade kvalitativní diagnostika pohybu s cílem optimalizovat tento postup. Nabízí tak trenérům, terapeutům či samotným sportovcům vytvoření náhledu a konstrukce, jak efektivně pohyb hodnotit.

V této části bakalářské práce je kvalitativní diagnostika pohybu rozdělena do čtyř fází, a to tedy: fáze přípravy, pozorování, hodnocení a fáze intervence. Základní stavební kameny tenisu, které jsou nutným předpokladem pro kvalitativní diagnostiku, jsou objasněny výše. Podle následujícího postupu můžeme hodnotit jakýkoliv sportovní pohyb.

Kvalitativní diagnostika pohybu má interdisciplinární povahu. U sportu se nezaměřuje pouze na techniku, ale na multifaktoriální výkon. Proto, abychom byli schopni vytvořit komplexní náhled na daného hráče a diagnostiku jeho výkonu, je zapotřebí spojit znalosti biomechaniky, motorického vývoje, motorického učení a pedagogiky/psychologie. (Knudson, 2013) To jsou základní čtyři pilíře nutné pro kvalitní zhodnocení sportovního výkonu.

### ***1.8.1 Příprava***

První fází kvalitativní diagnostiky pohybu je příprava. Aby kvalitativní diagnostika pohybu probíhala snadno a byla úspěšná, je podle Knudsona (2013) zapotřebí zvládnout fázi přípravy v následujících bodech:

1. Pochopení problematiky sportovního výkonu
2. Znalost jedince: dovedností, fyzické zdatnosti, osobnosti, kognitivních schopností a emocionálních vlastností
3. Znalost efektivní instrukce a zpětné vazby pro předání znalostí hráči

Dobře zvládnutá fáze přípravy tedy znamená, že je hodnotící jedinec schopen porozumět danému výkonu ve sportu. Fáze přípravy zahrnuje vytvoření určitých znalostí. Tyto znalosti se netýkají pouze pravidel hry a techniky sportu, ale musí být komplexní. Znalosti tak musí přesahovat do více oborů. Měly by zahrnovat poznatky z biomechaniky, motorického vývoje, motorického učení i psychologie. Sbíráni těchto dat vede k přirozenému vytvoření jakéhosi mentálního obrazu ideálního úderu. Tento mentální obraz se poté stává jakousi normou, kterou porovnáváme s výkony hráčů. Náhled hodnotícího na jeho mentální obraz se může neustále vyvíjet vzhledem k proměnným a novým informacím. Tyto informace a znalosti může jedinec získávat vlastní zkušeností, studiem vědeckých publikací, pozorováním vynikajících hráčů a dalším sebezvojem.

Jelikož po přípravné fázi následuje fáze pozorování, je stěžejní si stanovit způsob a cíl pozorování, resp. vědět, na jaké klíčové body se bude kvalitativní diagnostika jedince dále soustředit. Sem patří jednotlivé kritické znaky. Ty jsou chápány jako klíčové znaky pohybu, kterou jsou zcela nezbytné pro daný výkon a mají téměř totožná specifika napříč širokým spektrem hráčů. (Knudson, 2013) Jinak řečeno, jedná se o klíčové elementy vyjadřující pohyb tělesných částí, které jsou předmětem pozorování a hodnocení, protože ovlivňují kvalitu výsledného výkonu.

### **1.8.2 Pozorování**

Zrak hraje při pozorování dominantní roli. Abychom mohli přesně pozorovat jednotlivé části pohybu, existují zde základní premisy. Těmi jsou: dobrý zrak, dobrá viditelnost objektu a také ostrost zrakového vnímání či zhotoveného záznamu. Součástí vnímání tenisového výkonu jedince je i sluch a následná integrace smyslových vjemů. Cílem pozorování je zachytit jednotlivé komponenty pohybu v čase a jednotlivých fázích pohybu. Záleží na samotném pozorovateli, jaké klíčové body budou cílem jeho pozorování.

Jaké principy pozorování jsou vhodné? Pozorování nám určuje výše skutečností, které budeme hodnotit. Jednu z taktik pozorování shrnuje Brown (1982), který rozděluje vizuální evaluaci techniky do pěti základních kategorií. Tyto body vycházejí z biomechanických základů provedených právě při fázi sportovního výkonu, zde tedy tenisového úderu. Brown klade důraz na zvolení vhodného výhledového bodu, jenž musí být při každém hodnocení pohybu pečlivě zvolen. Pozice, odkud je hráč pozorován, determinuje i obsah pozorování. Od tohoto se pak odvíjí úspěšnost dalších fází kvalitativní diagnostiky pohybu. Koncept vizuální evaluace techniky můžeme použít i pro extendované pozorování.

#### **Vizuální evaluace techniky dle Browna (1982):**

##### **1. Výhledový bod**

- 1.1. Zvolte správnou pozorovací vzdálenost – v případě pozorování těla jako celku při komplexním pohybu stojíme opodál, při zaměření se na jednotlivé segmenty pozorujeme z bližšího místa.
- 1.2. Sledujte výkon z různých úhlů – pro vytvoření kompletního obrazu pohybu. Zvláště pokud některé části těla během výkonu nejsou viditelné, nebo jsou překryta jinou částí těla či tenisovou raketou.
- 1.3. Sledujte výkon z pečlivě vybraného úhlu – tento bod při pozorování tenisového forhendu můžeme interpretovat jako možnost zvolit si jeden specifický bod pozorování, ze kterého bude optimálně vidět majoritní pohyb, na která se zaměřujeme.
- 1.4. Pozorujte aktivity s eliminací rušivých elementů – příkladem je nadměrný hluk či nevhodné vizuální prostředí, které může ovlivňovat vizuální hodnocení. V tenise se často potýkáme svitem Slunce oslňující náš výhled.



- 1.5. Sledujte průběh pohybu vztažený k vertikální a horizontální ose – lépe se tak zorientujeme v úhlovém nastavení jednotlivých segmentů.
- 1.6. Pozorujte zkušeného hráče jako model – tomuto mínění je nutné oponovat. V určitých bodech toto pozorování může přinést nové vědomosti, avšak je nutné zohledňovat individuální styl jedince, nehledě na rozdílné anatomicko-morfologické parametry.
2. Zjednodušení pohybu
  - 2.1. Pozorujte pomaleji se pohybující části těla – u tenisu jsou těmito částmi právě kořenové klouby. Zaměřme se tak na ně společně s pohybem trupu.
  - 2.2. Pozorujte odděleně jednotlivé fáze pohybu – u tenisového forhendu pozorujeme tedy 5 fází, jimiž jsou: přípravná fáze, nápřah, švih, kontakt s míčem a protažení. Jednotlivé fáze mohou být dále rozděleny na menší jednotky.
  - 2.3. Sledujte načasování jednotlivých komponentů – věnujte pozornost správnému načasování jednotlivých fází a zapojení tělesných segmentů v nich.
3. Rovnováha a stabilita
  - 3.1. Podívejte se na nosné části těla – tedy na velikost opěrné báze, jež je určena oporou chodidel.
  - 3.2. Podívejte se na výšku těžiště (resp. těla a tělesných částí) – čím výše je těžiště nad zemí, tím je hráč v labilnější poloze.
4. Pohybové vztahy
  - 4.1. Hledejte nepotřebné a nadbytečné pohyby – zaměřte se na hledání neúčelných pohybů, které nepřispívají k výkonu pohybového vzorce úderu a pohyb tak ztrácí efektivitu.
  - 4.2. Podívejte se na opoziční část těla a její vyvažování – stoj na jedné noze je vyvažován aktivitou celého těla (především aktivitou kontralaterální horní končetiny). Pohybový vzor paží je také ovlivňován pohyby a stabilitou dolních končetin.
  - 4.3. Sledujte pohyb a směr pohybujících se tělesných segmentů – vážne pohyblivost nějakého tělesného segmentu? Proč je tomu tak? Hybnost jednotlivých částí je přenášena skrze koordinační řetězec až ke koncovým částem těla, což má vliv na výslednou rychlost švihů.
  - 4.4. Podívejte se na pohyb hlavy – pohyb očí a hlavy iniciuje stejný směr pohybu ramen a trupu. Postavení hlavy je taktéž důležité pro vzpřímené držení těla a udržení rovnováhy.

4.5. Zaznamenejte místo a směr působení síly – pokud vektor síly prochází těžištěm daného objektu, objekt se pohybuje přímo ve směru dané síly. Pokud je vektor síly aplikován mimo těžiště, objekt bude rotovat. To vidíme při zásahu míče, přičemž nikdy není možné strefit míč přímým zásahem, vždy míči udělíme jistou míru rotace.

## 5. Rozsah pohybu

5.1. Pozorujte rozsah pohybu jednotlivých tělesných segmentů – pro postupný nábor motorických jednotek, tedy pro dostatečné vyvinutí síly a rychlosti, je důležitá dráha, která je zajištěná určitým rozsahem pohybu, ať už ve fázi nápřahu či švihů.

5.2. Dívejte se na předpětí a protažení svalů – ve fázi nápřahu jednotlivé svaly fungují jako pružina, do níž je uložena elastická energie. Díky optimálnímu počátečnímu protažení je sval schopen kvalitnější koncentrické kontrakce. Vázne někde protažení svalu? Proč? Hledejme příčinu.

5.3. Zaměřte se na plynulý průběh pohybu – u tenisového forhendu je jasně zřetelná posloupnost kinematického řetězce, jehož části na sebe plynule navazují a postupně se aktivují. Pro tento bod je důležitá schopnost koordinace.

Další principy pozorování a schéma kvalitativní diagnostiky pohybu popisují James a Dufek (2014), kteří svůj systém rozdělili do sedmi bodů. První čtyři body odpovídají právě principům pozorování. Od pátého bodu dál tento systém pracuje s principem hodnocení a zpětnou vazbou.

### **Sedm aspektů kvalitativní diagnostiky pohybu podle Jamese a Dufka (2014):**

1. Klasifikace dovednosti: klasifikujeme dovednost, kterou hodnotíme jako běh, skok, hod? Dovednost se může skládat z více komponent naráz, příkladem je tenisový úder. Tato klasifikace je důležitá součást přípravy na pozorování. Po tomto určení stanovte záměr pohybu.

2. Rozdělení pohybu do jednotlivých fází: obvykle je možné jakýkoliv sportovní dovednost rozdělit do tří následujících fází: přípravný pohyb, primární pohyb a fáze dokončení s návratem. Toto členění pohybu na jednotlivé úseky pomáhá objasnit, kde probíhá pohyb neoptimálně a případně nalézt, v jaké fázi je primární příčina problému.

3. Pozorujte a hodnotte pečlivě každou fázi pohybu: aby byla evaluace jakékoliv dovednosti úspěšná, je zapotřebí pozorovat význačné aspekty pohybu. U tenisu těmito klíčovými body může být konkrétní nastavení tělesných segmentů, jejich pohyb v čase a míra zapojení. Pro pozorovatele je obtížné obsáhnout veškeré aspekty v jediném pozorování, zvláště pokud se jedná o rychle pohybující se části těla. Proto je vhodné provádět pozorování dané dovednosti vícekrát.

4. Zaměření pozornosti: je vhodné stanovit si, na jaký konkrétní aspekt se v daném pozorování budeme zaměřovat. Může to být celkový dojem z pohybu těla a plynulosti pohybu, či naopak zaměření se na distální segmenty těla, nebo proximální segmenty (tedy oblast trupu a pánve). Dalšími pozorovatelnými aspekty jsou umístění těžiště a rovnováha nebo základ opory hráče.

5. Hodnocení a zpětná vazba: zhodnoťte silné a slabé stránky jedince. Pátrejte po primární příčině problému a přesně určete, co bylo provedeno správně a kde nacházíme odchylky ve výkonu.

6. Neopomínejte silné stránky: pro hráče je důležitá pochvala a vyzvednutí silných stránek. Opakování a další rozvoj již dostatečně kvalitní techniky podporuje její zafixování a má pozitivní psychologický dopad na jedince.

7. Pracujte na slabých stránkách: abychom zlepšili dovednosti hráče, je potřeba se zaměřit na chyby v provedení úderu. Při pohledu na danou fázi pohybu se snažte určit příčinu, která chybě předcházela. V této části je důležité připomenout, že pohyb se vždy koná pouze za předpokladu užití určité síly. Proto při hodnocení zohledněte i neadekvátní použití momentů sil. Po zjištění primární příčiny chybného pohybu je vhodné pohyb korigovat a nově zkorigovaný pohyb opakovat, aby se zautomatizoval.

Pozorování je možné dvěma způsoby. Buď v reálném čase pouhým okem, nebo extendované pozorování. Při extendovaném pozorování je výkon jedince digitálně zaznamenán, a tak je možné opakovaně daný výkon pozorovat. Je třeba zvážit situaci, při které byl úder jedince pozorován. Proměnlivé situace mohou značně ovlivnit výsledný pohyb. Podněty, které ovlivňují výkon hráče mohou být následující: únava, psychický nátlak, okolní prostředí a hra v tréninku oproti hře v zápase. Proto je potřeba tyto aspekty zohlednit a nehodnotit pouze krajní situace. Aby si pozorovatel mohl vytvořit objektivní náhled, je vhodné pozorovat daný výkon jedince vícekrát. Na toto klade důraz James a Dufek (2014).

Pozorování v reálném čase pouhým okem klade nároky na pozorovatele. Pokud jednotlivé pohyby probíhají rychle, je potřeba získávat v pozorování zkušenosti. Zkušený pozorovatel je schopen zachytit klíčové body úderu v čase a prostoru a následně je uložit do paměti tak, aby byl později schopen hodnocení a zpětné vazby. Tato metoda je subjektivně zatížená a častokrát i velmi nepřesná. Proto je pro přesnější zhodnocení výkonu lepší využít digitální záznam, což umožňuje sběr více informací. Může se jednat o pouhou fotografii nebo videozáznam. Zde jsou stěžejní světelné podmínky, ostrost a kontrast vytvořeného záznamu. Videozáznam zachycuje rychlé komponenty pohybu, jež jsou pouhým okem těžko pozorovatelné. Možnost pozorování více detailů a opakovaného přehrávání je tak jednoznačnou výhodou oproti pozorování okem. (Knudson, 2013) V případě hodnocení výkonu pouze z jednoho úderu hrozí riziko záměny krajní situace a typického výkonu hráče.

V případě, že pozorujeme pouhým okem rychlé pohyby, existuje prostý vizuální trik napomáhající lepší fixaci obrazu v krátkodobé paměti. Ten probíhá tak, že krátce za důležitou akci zavřeme oči, čímž si daný obraz lépe zpětně vybavíme. (Hay, 1982)

Kvalita obrazu videa se s rozvíjející technikou neustále zlepšuje a stává se běžně dostupnou. Před vytvořením videozáznamu je třeba zvolit dostatečně kvalitní zařízení a nastavit vhodné parametry. V dnešní době jsou rozšířená mobilní zařízení, která mohou zaznamenat video s vysokým rozlišením. Toto rozlišení je nastavitelné v rozhraní zařízení a co se týče pixelů, může být až 1080p (potažmo až 4K). Dalším důležitým parametrem je počet snímků za sekundu (též fps), někdy také označováno jako snímková frekvence (pak je výsledek udáván v hertzích), kdy 1 fps odpovídá 2 Hz. Čím je zachycen větší počet snímků za sekundu, tím vidíme plynulejší vývoj pohybu v čase. To oceníme zvláště pokud volíme další modifikace videa. Modifikace videa mohou být např. prosté zastavení videa, přiblížení obrazu, freeze frame nebo Slow-motion. (Knudson, 2013) Funkce freeze frame umožňuje pozastavení videa a zobrazení jednotlivých snímků, pak je výhodou předvolit na zařízení vysoký počet snímků za sekundu, aby nedošlo k vynechání klíčových akcí. To platí i u funkce Slow-motion, která umožňuje uživateli zpomalit přehrávání záznamů s větší kvalitou, neboť dojde k četnějšímu zobrazení snímků.

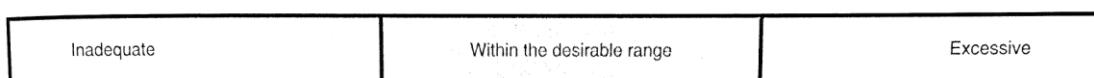
### 1.8.3 Hodnocení

Po procesu pozorování následuje evaluace výkonu. Jedná se o náročný proces. Nezřídka kdy musí být hodnocení aplikováno během sportovního výkonu. Právě proto se kvalitativní diagnostika pohybu zabývá vhodnou formou a správnou taktikou pozorování společně s hodnocením. Hodnocení pomocí kvalitativní diagnostiky pohybu shrnuje konkrétní body, na které se během pozorování zaměřujeme. Pozorovatel musí disponovat znalostí toho, co je v konkrétním případě chtěným výsledkem, a co je naopak nevhodné či zatěžkávací. Pokud hodnotíme mladší či méně zkušené hráče, musíme brát v potaz proces motorického učení a jednotlivé fáze motorického vývoje.

Na jaké aspekty se hodnocení tenisového úderu konkrétně zaměřuje? Pozorovatel doslova pátrá po silných a slabých stránkách úderu. Ty jsou v přímé korelaci s výkonem jedince. Koncept kvalitativní diagnostiky pohybu identifikuje kritické znaky výkonu, které se do výkonu mohou promítat kladně i záporně. Těmito klíčovými znaky je především nastavení a aktivita jednotlivých tělesných segmentů ve fázi švihů a zásahu míče. (Knudson, 2013) Pro zhodnocení tenisového úderu je nezbytná znalost nejen techniky, koordinace či kondice, ale i biomechanických principů. Rozbor těchto základních aspektů byl popsán v kapitolách výše. Proces hodnocení taktéž shrnuje Sedm aspektů kvalitativní diagnostiky pohybu podle Jamese a Dufka (2014) od čtvrtého bodu dále.

K tomu, aby bylo hodnocení těmito dvěma metodami alespoň z části platné a reprodukovatelné, se využívají dvě následující škály: řadová škála a vizuálně-analogová škála, viz **Obrázek 9**. Tyto škály určují hodnotu pozorované akce u klíčových znaků. Řadová škála zobrazuje tři kategorie, a to tedy: 1. nedostatečně, 2. v dostatečném rozsahu a za 3. nadměrně. Vizuálně-analogová škála umožňuje hodnocení míry klíčového znaku poslopně na přímce, kde je vlevo na začátku hodnota minimální a krajně vpravo hodnota maximální. (Knudson, 2013) Samozřejmě i zde je hodnocení subjektivní, jelikož stále hovoříme o kvalitativní diagnostice pohybu. Pokud bychom chtěli dojít k objektivně relevantním parametrům, je nutné zvolit diagnostiku kvantitativní.

Ordinal scale:



Visual-analog scale:



**Obrázek 9: Řadová škála a vizuálně-analogová škála, zde hodnotící rozsah pohybu. (Knudson, 2013)**

Pokud ve fázi hodnocení nalézáme chybu ve výkonu, snažíme se nalézt i její příčinu. Jedině to vede ke skutečné eliminaci chybného pohybu a efektivnímu řešení. Philipp a Wilkerson (1990) rozdělují příčiny chyb do čtyř základních oblastí, jimiž jsou oblast fyziologie, biomechaniky, percepce a psychologie. Chyba však může vzniknout vzájemným působením nedostatků z více oblastí. K tomuto Knudson (2013) dodává, že je problematické určit pouze jednu hlavní příčinu chyby a dále zvolit vhodnou strategii řešení a zpětné vazby vedoucí ke zlepšení výkonu. Chyba z fyziologického hlediska může vzniknout nevhodnou silou, kondicí či mobilitou hráče. Z perspektivy biomechaniky může chyba souviset s nevhodným timingem či nastavením tělesných segmentů. Co se týče percepce, problém může vzniknout na úrovni vnímání a vyhodnocení samotné situace, může být zvolena nevhodná technika a taktika pro danou situaci. Z hlediska psychologie se může jednat o demotivaci či problémy s udržením pozornosti a jiné psycho-sociální faktory.

Vzhledem ke snaze zlepšit výkon pomocí kvalitativní diagnostiky a její aplikace do praxe, je zapotřebí seřadit si priority, na které se budeme v hodnocení zaměřovat. Pro lepší uchopitelnost je vhodné hráči dávkovat korekci úderu postupně, ne naráz. Existuje tak šest základních podnětů, podle kterých můžeme zvolit postup hodnocení a zpětné vazby. Jimi jsou: vztah k předešlé akci, volba korekce s cílem maximalizace zlepšení, postup podle stupně obtížnosti korekce, pořadí chyb v souslednosti úderu, korekce směrem od opěrné báze (resp. pevného bodu) a korekce stěžejních klíčových znaků oproti znakům méně významným. (Knudson, 2013)

#### **1.8.4 Intervence**

V kvalitativní diagnostice pohybu znamená proces intervence soubor postupů, kterými je dosahováno zlepšení výkonu hráče. Zabývá se také řešením daného problému, který byl zjištěn v procesu hodnocení, přičemž očekáváme daný výstup. V procesu intervence se nejčastěji jedná o klasickou zpětnou vazbu, která je jedinci interpretována slovně. Avšak i tato interpretace má svá specifika. Vždy je třeba zvážit individualitu jedince a zvolit efektivní způsob a dávkování zpětné vazby. Těmito schopnostmi účinné zpětné vazby disponují zkušení profesionálové.

Jaký je tedy ideální způsob zpětné vazby? Hráč musí přesně vědět, jaký výstup se po něm danou instrukcí očekává, a to se snažit implementovat do svého výkonu. Proto je potřeba mít určitý cit pro vhodné formulování, aby hodnotící dokázal hráči co nejlépe předat danou informaci, hráč ji pochopil a aplikoval. Zpětná vazba slouží nejen k předání

informaci, ale i k udržení motivace. (Knudson, 2013) Trenéři by tak měli oceňovat neustálé úsilí jedince, čímž vytvářejí i příjemnou atmosféru. Zpětná vazba by měla být specifická, aplikovaná nejlépe bezprostředně po výkonu a poskytovaná často (zejména u začátečníků). I přesto by nemělo dojít k zahlcení jedince informacemi. To je jedna z nejčastějších chyb trenérů, kteří své svěřence doslova přetížili mnoha instrukcemi. Knudson (2013) uvádí výstižný pojem, že v takovémto případě může u hráče dojít až k paralýze analýzou. Proto je vhodné zvolit postupné dávkování zpětné vazby. Je důležité dávat pozitivní zpětnou vazbu, tedy poukázat na to, jaké byly dobré aspekty výkonu. James a Dufek (2014) nabádají, že by zpětná vazba měla zahrnovat nejprve vyzdvižení silných stránek a poté zdůraznit stránky slabé. I při komentování negativ je vhodné prezentovat instrukce s pozitivním a povzbuzujícím přístupem. Hodnotící jedinec si musí být vědom psychologického efektu instrukce, jestliže využívá systému kárání či trestu. Komunikace probíhá jak na úrovni verbální, tak nonverbální. Autenticitu a pocit důvěry vytváříme právě díky souladu mezi těmito komunikacemi. (Švejcar, 2013)

Mimo klasickou zpětnou vazbu se také využívá dalších variant intervence. Těmito variantami jsou např.: manuální vedení hráče, využití vizuálního modelu, modifikace tréninku (typ nahrávky, herní cvičení, rozdílné vybavení, zvýrazněná korekce chyby až přehnaná korekce) nebo primární zlepšení kondice, resp. síly. (Knudson, 2013) Jak zmiňuje Gong et al. (2021), 80 % informací přijímáme zrakem, a proto je využití vizuálního modelu více než příhodné. Toho využívají trenéři tím, že často demonstrují úder na sobě. Dále je pro hráče vhodné pozorovat jiné tenisty, ať už méně zkušené pro identifikaci chyb či elitní hráče pro tvorbu jakéhosi ideálního modelu. Tenisové video může být samo o sobě výbornou zpětnou vazbou pro samotného hráče. Pokud se video pojí i s efektivní instrukcí od trenéra a přijetí těchto rad hráčem, značí tato diagnostika cestu k úspěchu. Tím, že video zachytí skutečně podrobně každou část úderu a umožňuje důkladně rozebrat úder, je právě tento způsob zpětné vazby vynikající a velmi účinný. Jak trenér, tak samotný hráč mohou dojít k uvědomění si chyb, které okem nezachytí. Hráč také nemusí dokonale vnímat své tělesné schéma v jednotlivých fázích úderu, a proto i toto slouží k uvědomění.

## 2 CÍLE PRÁCE

Cílem teoretické části této bakalářské práce je komplexně shrnout dosavadní poznatky pro optimální provedení tenisového forhendu a představit koncept kvalitativní diagnostiky pohybu. V praktické části je cílem pomocí kvalitativní diagnostiky pohybu hodnotit forhend a analyzovat pohyb z videoanalýzy a taktéž hodnotit funkční zapojení participujících tělesných segmentů v jednotlivých fázích úderu. Rovněž tak zjistit, zda konkrétní úhlové nastavení tělesných segmentů podílí na výsledné kvalitě úderu a zda je určení tohoto úhlového nastavení přínosné pro hodnocení úderu hráče. Dále je cílem práce zjistit, zda má posturální stabilizace jedince vliv na kvalitu zapojení trupu v úderu, zejména na maximální úhlovou rychlost rotace osy ramen a boků.



## 3 METODIKA PRAKTICKÉ ČÁSTI

### 3.1 Skupina testovaných probandů

Skupina testovaných osob obsahovala 11 probandů ve věku 14-32 let. Průměrný věk byl 21,82 let. Skupina se skládala z hráčů různé úrovně, tedy hráčů závodních i rekreačních. Aktivní doba hraní byla průměrně 12.7 let. Nejprve byl hráč vyšetřen pomocí posturálních testů DNS. Po individuální rozcvičce a rozehraní byl hráč poučen o následujícím postupu. Hráč používal vlastní raketu, na kterou mu byl umístěn senzor Zepp Tennis 2. Hráč mohl odehrát libovolný počet úderu pro přivyknutí si na senzor na rukojeti rakety a další podmínky. Před samotným testováním byl hráč vyzván k odehrávání 20 míčů co nejlepším možným způsobem a do určeného prostoru v zadní polovině dvorce. Aby byla respektována individuální hra jedince, hráči nebyly uděleny žádné instrukce o typu držení nebo typu postavení při úderu. Všichni účastníci podepsali informovaný souhlas se zpracováním osobních dat a pořízení videozáznamu k účelu zhotovení této bakalářské práce.

### 3.2 Vyšetření posturálních funkcí dle testů DNS

Posturální funkce byly u jednotlivých hráčů testovány pomocí dvou testů konceptu DNS za účelem korelace posturální stabilizace trupu a aktivity trupu v úderu. Tyto dva testy a konkrétní kritéria hodnocení byly vybrány na základě publikovaného zkušebního protokolu v článku *Functional postural-stabilization tests according to Dynamic Neuromuscular Stabilization approach: Proposal of novel examination protocol* (Kobesova, 2020). Hodnocení aktivity daných tělesných segmentů bylo rozděleno do čtyř stupňů, kde stupeň 4 odpovídá ideálu, stupeň 3 je dostačující ale neideální, stupeň 2 slabý a stupeň 1 naprosto chybný.

#### 3.2.1 Test vleže se zvednutými dolními končetinami

Jedinec byl vyšetřován na podložce v pozici na zádech, ruce byly volně umístěné podél těla, přičemž mu byly pasivně vyzvednuty dolní končetiny do 90° flexe v kyčelních kloubech. Jedinec byl instruován, aby aktivně udržel dolní končetiny takto nad podložkou po dobu 60 sekund. Aktivita jednotlivých tělesných segmentů byla vyhodnocena podle následující **Tabulka 5**.

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř		
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)		
Priměřená aktivace celé břišní stěny		
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy		

*Tabulka 5: Test vleže se zvednutými dolními končetinami podle Kobesové et al. (2020)*



*Obrázek 10: Testování vleže se zvednutými dolními končetinami*

### 3.2.2 Test v pozici na čtyřech

Jedinec byl instruován k přesunu do pozice na čtyřech s oporou o dlaně a kolena tak, aby se ramena nacházela nad dlaněmi a kyčle nad koleny, viz Obrázek 11. Pohled jedince směřoval dolů do podložky. Jedinec setrval v této pozici po dobu 50 vteřin. Hodnocení bylo zapisováno do následující Tabulka 6.

Test v pozici na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici		
Vyvážené zatížení dlaní		
Neutrální pozice lopatky		
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině		
Pánev zůstává v neutrální pozici		

*Tabulka 6: Test v pozici na čtyřech podle Kobesové et al. (2020)*



Obrázek 11: Testování v pozici na čtyřech

### 3.3 Sběr dat a hodnocení úderu

Proto, abych byla schopna úder diagnostikovat, jsem vytvořila videozáznam forhendů jednotlivých hráčů. Z tohoto videozáznamu společně se senzorem umístěným na raketě hráče jsem získala objektivní data, která jsem zpracovala a následně je využila v kompletním hodnocení hráče. Do kompletního hodnocení úderu hráče bylo zahrnuto i kvalitativní hodnocení úderu podle tabulky společně s výslednou korelací posturální stabilizace trupu a aktivity trupu v úderu.

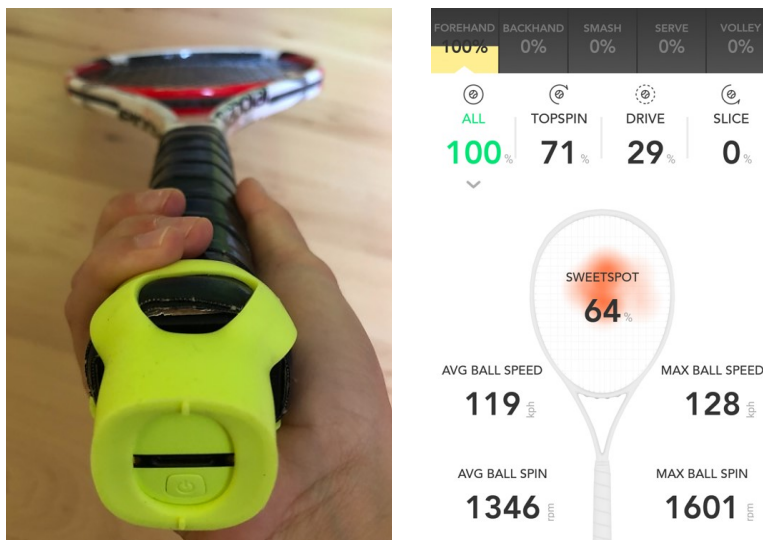
#### 3.3.1 Zhotovení videozáznamu

Při diagnostice tenisového úderu vycházím z modelu kvalitativní diagnostiky pohybu podle Duane V. Knudsona (2013). Jednou z možných forem pozorování je videoanalýza. Tenisový úder byl nahráván ze dvou videokamer umístěných na stojanech v totožném čase. Rozmístění videokamer je stěžejní pro výslednou kvalitu obsahu videozáznamu. Proto jsem vybrala nejčastěji se objevující pozice videokamer z již publikovaných studií [*Tennis flat forehand drive stroke analysis: three dimensional kinematics movement analysis approach* (Rusdiana, 2021) ; *Kinematic Analysis on the Forehand Stroke of ATP Tennis Player Karen Khachanov* (Du, 2017) ; *Kinematic differences of elite and high-performance tennis players in the cross court and down the line forehand* (Landlinger, 2010a)]. První videokamera byla umístěna přímo na základní čáru z vnější strany dvorce. Druhá videokamera byla umístěna do zadní třetiny vzdálenosti mezi základní čarou a čarou podání, a to v úhlu svírajícím se základní čarou přibližně 45°.

Pro záznam rychlých pohybů bylo nutné změnit nastavení snímání obrazu na maximální možný počet snímků za sekundu (tedy 240fps) umožněný danými kamerami. Díky tomu bylo možné zpětně na záznamu nastavit přehrávání ve formě Slow-motion, pak je možné výkon ze záznamu detailně diagnostikovat.

### 3.3.2 Senzor Zepp Tennis 2

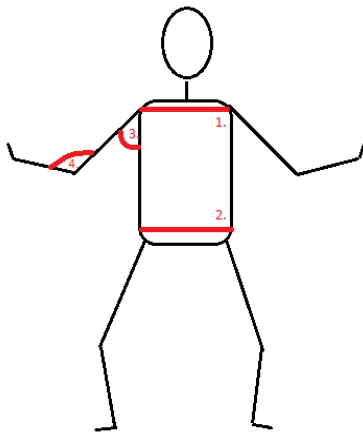
Pro objektivizaci parametrů úderu byl použit Senzor Zepp Tennis 2, který zaznamenává údaje o rychlosti odehraného míče, spin a umístění míče na raketě. Tyto hodnoty (především rychlost odehraného míče a spin) napomohly ke kompletnímu hodnocení hráče. Lineární a úhlové zrychlení senzor měří pomocí gyroskopu, avšak bližší technické specifikace nejsou doposud publikované. (Keaney, 2020) Senzor Zepp Tennis 2 byl hráči umístěn na rukojeť rakety pomocí silikonové objímky, znázorněné na **Obrázek 12**. Následně byl senzor spárován pomocí Bluetooth s mobilním zařízením, kam byla naměřená data importována do aplikace Zepp Tennis. Rozhraní aplikace je zobrazeno na **Obrázek 12** a 14. Naměřené hodnoty byly vloženy do tabulky. V této tabulce *Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče* je rychlost udávána v jednotkách kph, spin v jednotkách rpm a umístění míče na raketě je udáváno v procentech dle procentuální úspěšnosti odehrání míče středem rakety.



**Obrázek 12 a Obrázek 13: Umístění senzoru Zepp Tennis 2 na rukojeti rakety & Rozhraní aplikace Zepp Tennis.**

### 3.3.3 Videoanalýza pohybu a měření úhlových nastavení

Z videozáznamu s 240 fps (snímkovou frekvencí 480 Hz) bylo možné detailně hodnotit jednotlivé úseky a změnu polohy tělesných segmentů v daném úderu. Pro videoanalýzu daného hráče byl z 20 úderů vybrán jeden nejideálnější úder, a ten podrobně analyzován. Abych mohla daný pohyb segmentů pozorovat, stanovila jsem klíčové body na těle, viz **Obrázek 14**. Těmito klíčovými body jsou:



1. Osa ramen
2. Osa boků
3. Rameno dominantní horní končetiny:  
úhel mezi paží a trupem
4. Loket dominantní horní končetiny:  
úhel mezi paží a předloktím

**Obrázek 14:** Klíčové tělesné body zahrnuté ve videoanalýze

V případě nastavení osy ramen a osy boků rovnoběžně se základní čarou, označují tento úhel  $90^\circ$ . Při rotaci vzad hodnota stoupá. Při konečné fázi nápřahu je osa ramen přibližně kolmo k základní čáře, pak by byl tento úhel označen hodnotou  $180^\circ$ .

Kvantitativní hodnocení úderu bylo možné díky použití programu *Tracker*. Zaměřovala jsem se především na konečnou fázi nápřahu a fázi zásahu míče. Konečná fáze nápřahu byla stanovena jako fáze, kde se nachází maximální rotace osy ramen vzad. Fáze zásahu míče byla určena fáze, kde je míč v kontaktu s hlavou rakety. Do programu *Tracker* byly vloženy data z kamer (konkrétně jednoho vybraného úderu), následovalo mechanické označování klíčových bodů, tedy ramene a lokte dominantní horní končetiny, osy ramen a osy boků, na jednotlivých snímcích. Díky tomuto mechanickému pozicování program vypočítal konkrétní hodnoty úhlového nastavení a úhlové rychlosti těchto segmentů od konečné fáze nápřahu po zásah míče. Mezi těmito fázemi bylo označeno 12 časových úseků, které byly zaznamenány. Podle úhlových rychlostí osy ramen a boků jsem hodnotila aktivaci trupu v úderu. Hodnoty jsou zaznamenány v tabulce *Úhlové nastavení a maximální úhlová rychlost klíčových bodů u konkrétního hráče*. Dále byl na základě těchto parametrů vytvořen graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u daného hráče, z nějž je viditelná míra aktivace jednotlivých os vůči sobě a stejně tak jejich timing zapojení.

### 3.3.4 Kvalitativní hodnocení

Kvalitativní hodnocení úderu ze Slow-motion videozáznamu bylo provedeno na základě stanovení základních klíčových znaků forhendu. Osnovu postupu jsem stanovila na základě *Vizuální evaluace dle Browna (1982)* a *Sedmi aspektů kvalitativní diagnostiky pohybu podle Jamese a Dufka (2014)*, a to konkrétně: rozdělení do jednotlivých fází pohybu, rovnováha, pohybové vztahy a rozsah pohybu. Hodnocení probíhalo na základě škálování do třístupňové řadové škály podle Duane V. Knudsona (2013). Tato řadová škála rozděluje konkrétní aspekty výkonu do tří kategorií, a to: 0. nedostatečně, 1. adekvátně, 2. nadměrně. Tyto možné způsoby kvalitativního hodnocení jsem sesumírovala do výsledné tabulky (viz Tabulka 7). Odchytky stanovené v tabulce byly okomentovány a více rozvedeny v kompletním hodnocení hráče, které se nachází v závěrečné části kazuistiky každého hráče. V kompletním hodnocení hráče bylo shrnuto kvantitativní hodnocení společně s hodnocením kvalitativním.

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze			
Aktivita kolene (z flexe do extenze)			
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)			
Rotace boků			
Postavení trupu			
Rotace ramen			
Upažení dominantní horní končetiny			
Postavení lokte			
Postavení zápěstí			
Aktivita opoziční horní končetiny			
Optimální bod zásahu (pozice horní končetiny vůči tělu)			
Přenos váhy do směru úderu			

**Tabulka 7: Kvalitativní hodnocení aktivity jednotlivých klíčových znaků v závislosti na jednotlivých fázích úderu**



## 4 PRAKTICKÁ ČÁST - SÉRIE KAZUISTIK

### 4.1 Hráč č. 1

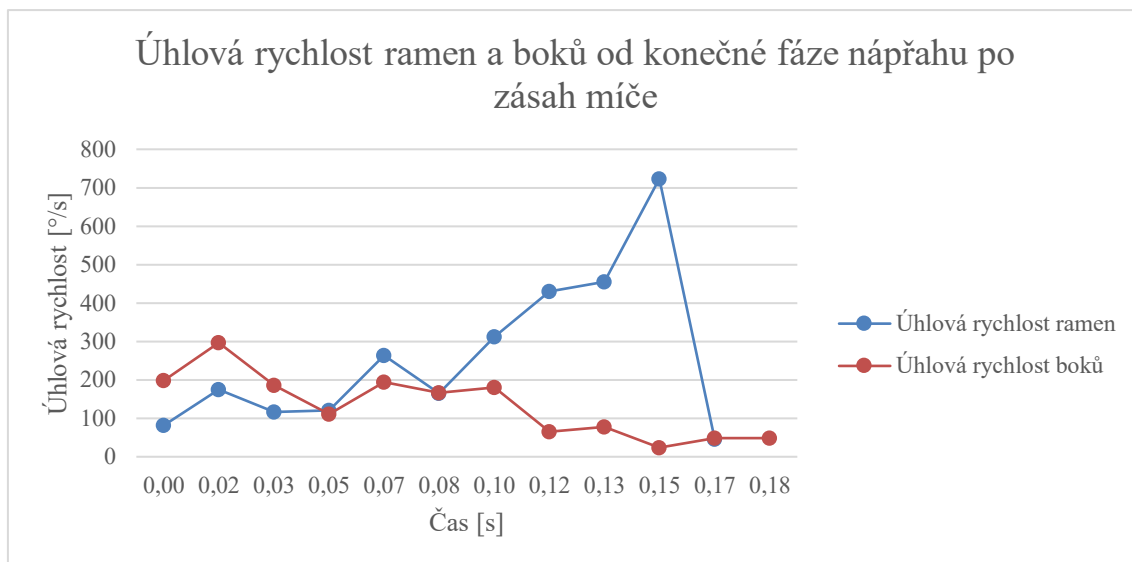
- Věk: 28 let, aktivní doba hraní: 16 let, nyní: 3x týdně, status: závodní hráč



Obrázek 15: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 1

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	92,2	76,7
Loket [°]	155,2	150,7
Osa ramen [°]	170,89	74,8
Osa boků [°]	164,4	112,22
Separáční úhel [°]	6,49	-
<b>Max. úhlová rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	723,33	
Rotace boků [°/s]	296,66	

Tabulka 8: Úhlové nastavení a maximální úhlová rychlost klíčových bodů u hráče č. 1



**Tabulka 9: Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u hráče č. 1**

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze	1		
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	1	1	1
Postavení trupu	1	1	1
Rotace ramen	1	1	1
Upažení dominantní horní končetiny	1	1	1
Postavení lokte	1	1	1
Postavení zápěstí	1	1	1
Aktivita opoziční horní končetiny	1		
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)	2		
Přenos váhy do směru úderu	1		

**Tabulka 10: Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č. 1**

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost míče [kph]	118
Max. spin [rpm]	1770
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	53

**Tabulka 11: Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 1**

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	4	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	3	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	3	3
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	3	

**Tabulka 12: Test vleže se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 1**



Test v pozici na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	4	
Vyvážené zatížení dlaní	3	2
Neutrální pozice lopatky	3	3
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	4	
Pánev zůstává v neutrální pozici	4	

*Tabulka 13: Test v pozici na čtyřech u hráče č. 1*

- Kompletní hodnocení úderu hráče:

Výkon hráče byl ve většině klíčových znaků hodnocen na výbornou. Slabina výkonu byla pozice zásahu míče, kdy byl míč odehrán daleko před tělem. To může být způsobeno neoptimálním timingem či nevhodným odhadem odskoku míče. Výsledkem je to, že je míč předán menší impuls síly, tomu odpovídá i výsledek rychlosti odpalu míče ze senzoru. U hráče vidíme poměrně malý separační úhel. Pro zlepšení výkonu bychom hráči doporučili větší rotaci ramen vzad ve fázi nápřahu, aby došlo k většímu předpětí svalstva a optimální přeměně potenciální energie v energii kinetickou. Ve všech ostatních bodech byl úder optimální.

Posturální aktivita trupu je podle DNS testu dobrá. V úderu taktéž vidíme vhodné zapojení trupu v jednotlivých fázích úderu, rovněž tak úhlové nastavení tělesných segmentů se jeví jako optimální, jak zobrazuje tabulka úhlového nastavení.

## 4.2 Hráč č. 2

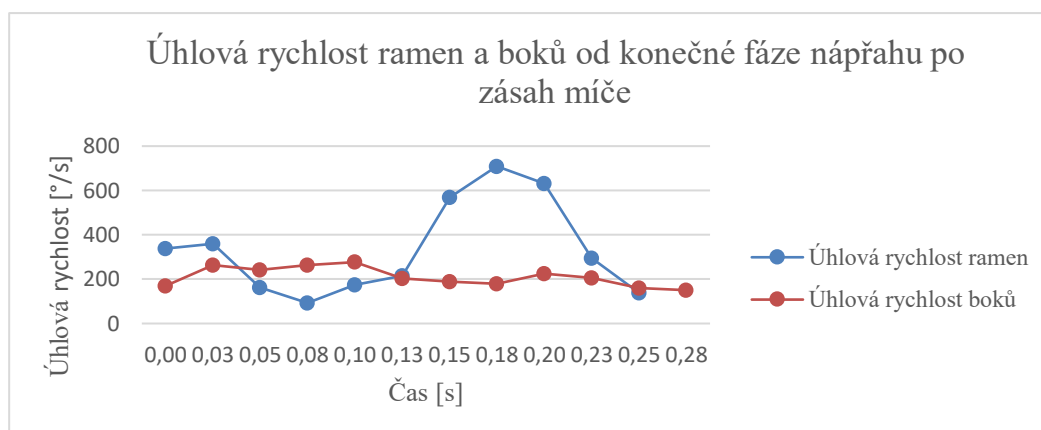
- Věk: 16 let, aktivní doba hraní: 11 let, nyní: 3x týdně, status: závodní hráč



Obrázek 16: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 2

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	64,43	110,1
Loket [°]	166,1	180
Osa ramen [°]	177,72	85,56
Osa boků [°]	165,86	102,64
Separáční úhel [°]	11,86	-
<b>Max. úhlová rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	709,2	
Rotace boků [°/s]	276,8	

Tabulka 14: Úhlové nastavení a maximální úhlová rychlost klíčových bodů u hráče č. 2



Tabulka 15: Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u hráče č. 2

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost rakety [kph]	127
Max. spin [rpm]	1346
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	36

Tabulka 16: Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 2

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze	0		
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	1	1	1
Postavení trupu	1	1	1
Rotace ramen	1	1	1
Upažení dominantní horní končetiny	1	2	2
Postavení lokte	1	2	2
Postavení zápěstí	1	2	1
Aktivita opoziční horní končetiny	1		
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)	2		
Přenos váhy do směru úderu	1		

Tabulka 17: Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č.2

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	4	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	3	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	2	2
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	2	

Tabulka 18: Test vleže se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 2

Test na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	3	
Vyvážené zatížení dlaní	3	3
Neutrální pozice lopatky	2	2
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	2	
Pánev zůstává v neutrální pozici	2	

Tabulka 19: Test na čtyřech u hráče č. 2

- Kompletní hodnocení úderu hráče:

Úder byl odehrán dobře a razantně. Avšak centrace jednotlivých kloubů na dolní končetině byla na konci náprahové fáze narušena, to se promítá do kvality opory na stojné noze a do následné rotace pánve (tomu odpovídá i nižší hodnota maximální úhlové rotace osy pánve). Aby byl hráč schopen zahrát úder razantně, dochází ke kompenzaci horní polovinou těla. Horní končetina byla při zásahu míče a ve fázi follow through extrémně natažená a zároveň značně abdukována. Míč byl tak odehrán vysoko v úrovni ramen. Při opakování tohoto vzoru, který je pro hráče typický, jsou kladeny velké nároky na zapojení předchozích segmentů v kinematickém řetězci, především na svalstvo pletence ramenního a trupu.

Co se týče úhlového nastavení tělesných segmentů, nacházíme extrémní pozici v loketním a ramenním kloubu dominantní horní končetiny. Vzhledem k vysoké maximální úhlové rychlosti rotace ramen bychom očekávali poměrně vyšší úhlovou rychlost boků, a to především v první polovině švihové fáze.

Výsledky DNS testu ukazují nevhodnou aktivitu břišní stěny a stejně tak ne zcela vhodnou posturální stabilizaci dalších částí. V pozici na čtyřech nacházíme nedostatečnou stabilizaci obou lopatek společně s nedostatečnou sagitální stabilizací hrudní páteře. Právě zde může být korelace nevhodné stabilizace těchto segmentů a neadekvátního úhlového postavení horní končetiny. Vzhledem k dobře osvojené technice a zkušenostem hráče se mírně nedostatečná stabilizace natolik nepromítá do kvality výsledného úderu (objektivně vidíme kvalitní rychlost i spin míče), avšak při kvalitnější posturální stabilizaci bychom předpokládali vyšší využití potenciálu hráče.

### 4.3 Hráč č. 3

- Věk: 16 let, aktivní doba hraní: 8 let, nyní: 7x týdně, status: závodní hráč

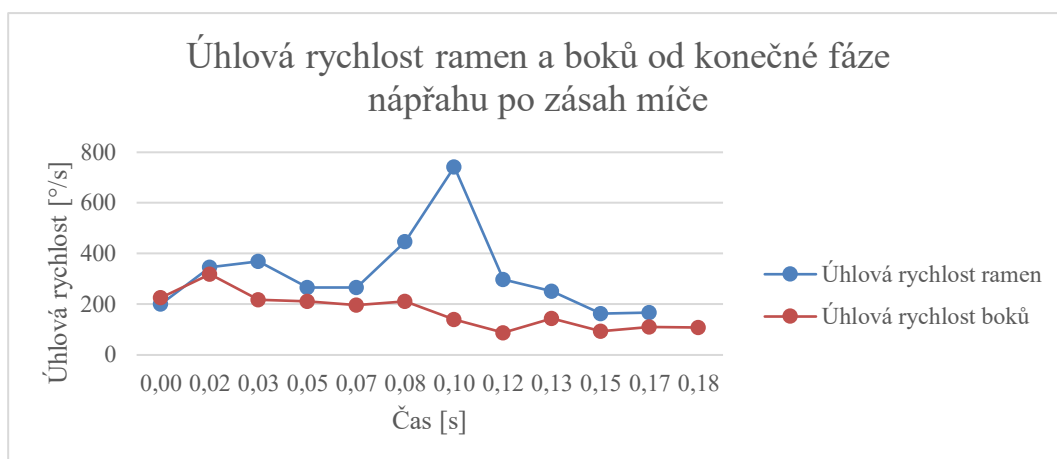


Obrázek 17: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 3

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	100,7	86,5
Loket [°]	171,5	178,6
Osa ramen [°]	186,24	98,36
Osa boků [°]	158,55	112,56
Separáčn�i �hel [°]	27,69	-
<b>Max. �hlov� rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	742,4	
Rotace boků [°/s]	318,8	

Tabulka 20:  hlov  nastavení a maxim ln   hlov  rychlost klíčových bodů u hráče č.3





**Tabulka 21:** Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u hráče č. 3

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost míče [kph]	128
Max. spin [rpm]	1601
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	64

**Tabulka 22:** Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 3

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze	1		
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	1	1	1
Postavení trupu	2	1	2
Rotace ramen	1	1	1
Upažení dominantní horní končetiny	1	1	2
Postavení lokte	1	0	1
Postavení zápěstí	1	1	1
Aktivita opoziční horní končetiny	1		
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)	1		
Přenos váhy do směru úderu	0		

**Tabulka 23:** Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č.3

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	2	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	4	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	3	3
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	3	

**Tabulka 24:** Test vleže se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 3

Test na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	4	
Vyvážené zatížení dlaní	4	3
Neutrální pozice lopatky	3	3
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	2	
Pánev zůstává v neutrální pozici	3	

**Tabulka 25:** Test na čtyřech u hráče č. 3

- Kompletní hodnocení úderu hráče:

Úder byl zahrán se značným úsilím a důrazně. Jako hlavní nedostatek úderu se jeví insuficientní přenos váhy těla do směru úderu, téměř chybí lineární hybnost těla do kurtu, a tak není dosaženo maximálního potenciálu přenosu impulsu síly. I přesto, že se jedná u hráče o značně liftovaný úder a neočekáváme tak značný lineární impuls síly. Od zásahu míče až po follow through vidíme u hráče stupňující se záklon horní poloviny trupu, což hráči snižuje možnou efektivitu úderu. Hráč drží raketu krajním západním držením a při zásahu míče vidíme velkou dorzální flexi společně se značnou ulnární dukcí zápěstí. Horní končetina je při zásahu míče značně abdukována, avšak hráč míč neudeří přespříliš vysoko díky výraznému postavení zápěstí. Při fázi follow through je horní končetina vůči tělu nadměrně elevována, to může být následkem nutného dokončení trajektorie rakety pro udělení značného spinu míči.

Z testu DNS vyplývá nestabilní hrudní páteř v sagitální rovině společně s neideálním postavením obou lopatek a pánve. Neoptimální zapojení trupu se objevuje v testu vleže se zvednutými dolními končetinami, to je viditelné i v jednotlivých fázích úderu a rovněž v grafu vidíme poměrně nižší úhlové rychlosti rotace boků. I přesto byla naměřena kvalitní rychlost odpalu míče spolu s velkým spinem, potažmo i dobré procentuální umístění míče na raketě při zásahu. Výše uvedené poznatky dávají prostor ke zlepšení, hybné vzory juniorského hráče se mohou nadále vyvíjet.

#### 4.4 Hráč č. 4

- Věk: 16 let, aktivní doba hraní: 12 let, nyní: 7x týdně (2-3 hod denně), status: závodní hráč vysoké kategorie

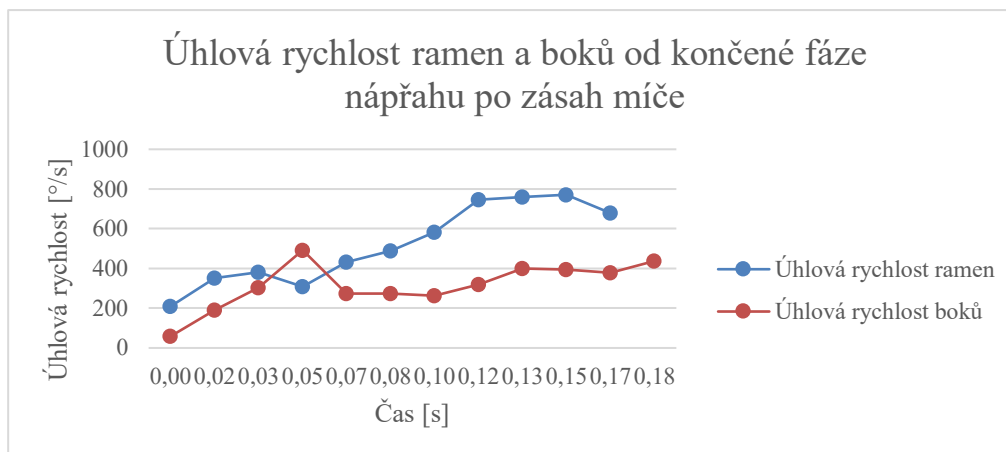


Obrázek 18: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 4

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	56,5	55,6
Loket [°]	142,8	142,3
Osa ramen [°]	170,52	71,08
Osa boků [°]	152,46	82,56
Separční úhel [°]	18,06	-
<b>Max. úhlová rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	771,17	
Rotace boků [°/s]	492,35	

Tabulka 26: Úhlové nastavení a maximální úhlová rychlost klíčových bodů u hráče č. 4





**Tabulka 27: Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u hráče č. 4**

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost míče [kph]	144
Max. spin [rpm]	1525
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	87

**Tabulka 28: Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 4**

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze		1	
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	1	1	1
Postavení trupu	1	1	1
Rotace ramen	1	1	1
Upažení dominantní horní končetiny	1	1	1
Postavení lokte	1	1	1
Postavení zápěstí	1	1	1
Aktivita opoziční horní končetiny		1	
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)		1	
Přenos váhy do směru úderu		1	

**Tabulka 29: Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č.4**

Test vleže se zvednutýma nohama	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	4	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	3	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	4	4
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	4	

**Tabulka 30: Test vleže se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 4**

Test na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	3	
Vyvážené zatížení dlaní	3	3
Neutrální pozice lopatky	3	3
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	3	
Pánev zůstává v neutrální pozici	4	

**Tabulka 31: Test na čtyřech u hráče č. 4**

- Kompletní hodnocení úderu hráče:

Úder byl zahrán velmi kvalitně. Tomu odpovídá i kvalitativní hodnocení klíčových znaků, které jsou ve všech bodech v normě.

Patřičné úhlové nastavení v jednotlivých fázích úderu je pro hráče očividně vyhovující. Vidíme optimální timing aktivace boků a osy ramen, stejně tak vysokou úhlovou rychlost těchto segmentů. Co se týče hodnot naměřených senzorem, mohli bychom je považovat za opravdu vysoké.

V testech DNS je patrné neoptimální, avšak dostačující zatížení dlaní, postavení lopatek, hlavy a mírná instabilita Th/L přechodu. Vzhledem k celkovému objemu tréninkových jednotek a téměř dokonale osvojené technice hráče, dává zlepšení posturální stabilizace do budoucna možný prostor pro vylepšení již kvalitního úderu. V souhrnu zde vidíme nadprůměrně kvalitní úder.

## 4.5 Hráč č. 5

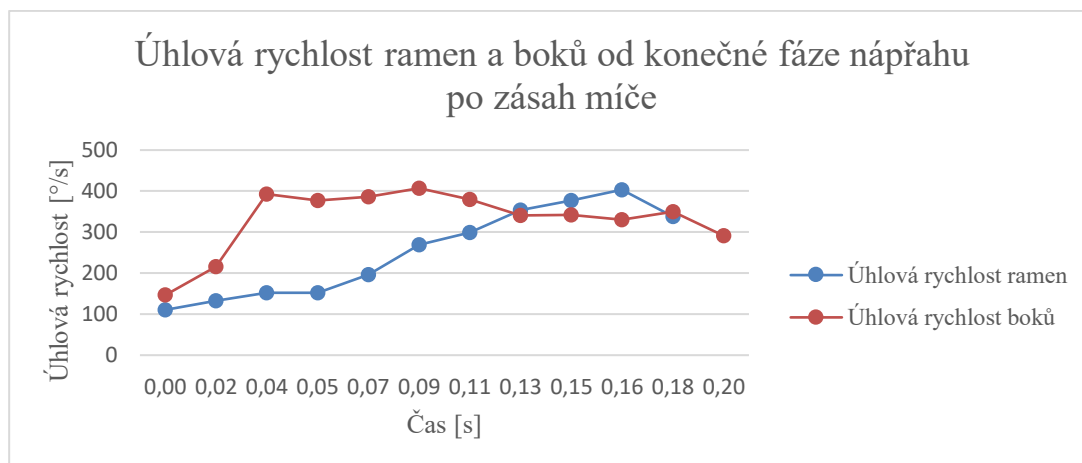
- Věk: 29 let, aktivní doba hraní: 21 let, nyní: 4x týdně, status: závodní hráč



Obrázek 19: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 5

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	66,8	45,1
Loket [°]	124,2	119,6
Osa ramen [°]	162,78	108,45
Osa boků [°]	154,07	95,72
Separáční úhel [°]	8,71	-
<b>Max. úhlová rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	403,37	
Rotace boků [°/s]	407	

Tabulka 32: Úhlové nastavení a maximální úhlová rychlost klíčových bodů u hráče č. 5



**Tabulka 33: Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků u hráče č. 5**

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost míče [kph]	130
Max. spin [rpm]	2193
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	47

**Tabulka 34: Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 5**

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze	1		
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	1	1	1
Postavení trupu	1	2	2
Rotace ramen	1	0	1
Upažení dominantní horní končetiny	1	1	1
Postavení lokte	1	1	1
Postavení zápěstí	1	1	1
Aktivita opoziční horní končetiny	1		
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)	0		
Přenos váhy do směru úderu	1		

**Tabulka 35: Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č. 5**

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	3	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	2	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	2	2
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	3	

**Tabulka 36: Test se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 5**

Test na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	3	
Vyvážené zatížení dlaní	2	2
Neutrální pozice lopatky	3	3
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	3	
Pánev zůstává v neutrální pozici	3	

Tabulka 37: Test na čtyřech u hráče č. 5

- Kompletní hodnocení úderu hráče:

Z kvalitativního hodnocení je třeba zdůraznit nevhodné postavení trupu a zapojení pletence ramenního. Horní končetina je při zásahu míče nedostatečně flektována v ramenním kloubu, a tak se zásah může jevit jako opožděný. Co se týče trupu, z videoanalýzy je patrné, že má hráč omezenou rotabilitu hrudní páteře, což se může projevit i poměrně nízkou úhlovou rychlostí osy ramen. Ve fázi zásahu vidíme úklon trupu k míči. Zároveň se osa ramen během švihové fáze pohybuje téměř totožně s osou boků. Tím pádem nedochází k diferenciaci úhlových rychlostí těchto os. Stejně tak se objevuje nedostatečné dokončení rotace osy ramen vůči bokům. Hráč tak nevyužívá správné rozfázování kinematického řetězce tělesných segmentů. Jako možná kompenzace nevhodného zapojení horní poloviny trupu je více zapojena dolní polovina. Aby byl úder ve výsledku kvalitní, má hráč dobře zvládnutou techniku horní končetiny. U hráče se navíc objevuje značný vertikální pohyb rakety (a nadprůměrná hodnota spinu míče). Od fáze zásahu narůstá záklon trupu.

I přes výše uvedené aspekty vyplývá z naměřených výsledků senzoru, že úder byl velmi kvalitní. Vidíme vysokou rychlost míče i opravdu vysoký spin, to značí vysokou kvalitu úderu. Výsledky DNS testu nejsou optimální, objevuje se především nepřiměřená aktivace břišní stěny, instabilita Th/L přechodu a nevyvážené zatížení dlaní. Objevuje se tak korelace mezi posturální stabilizací v DNS testech a nevhodným zapojením trupu v úderu. Sagitální stabilizace trupu od fáze zásahu míče až po follow through je nedostatečná.



## 4.6 Hráč č. 6

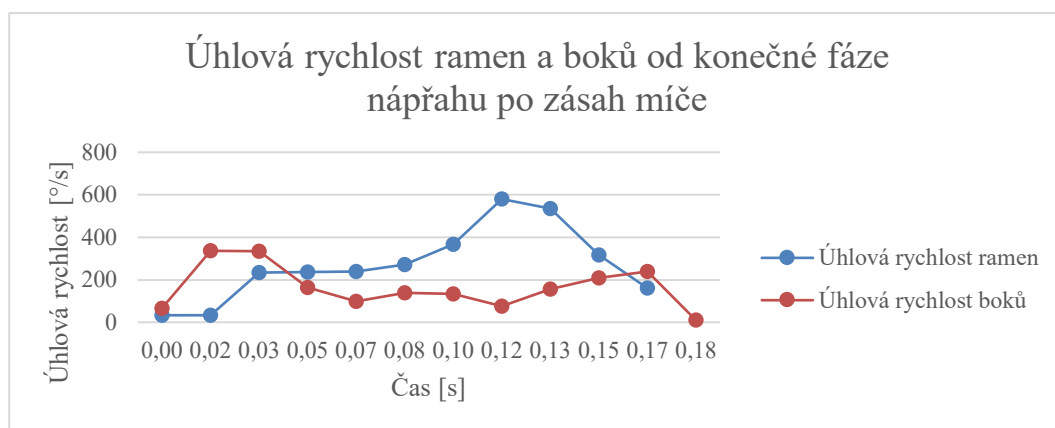
- Věk: 16 let, aktivní doba hraní: 11 let, nyní: 3x týdně, status: závodní hráč



Obrázek 20: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 6

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	89,7	42,3
Loket [°]	178,3	129,7
Osa ramen [°]	186,2	85,86
Osa boků [°]	165,8	92,56
Separáční úhel [°]	20,4	-
<b>Max. úhlová rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	785,58	
Rotace boků [°/s]	426,96	

Tabulka 38: Úhlové nastavení a maximální úhlová rychlost klíčových bodů u hráče č. 6



**Tabulka 39:** Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u hráče č. 6

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost míče [kph]	139
Max. spin [rpm]	1793
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	33

**Tabulka 40:** Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 6

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze	1		
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	1	1	1
Postavení trupu	1	2	1
Rotace ramen	1	1	1
Upažení dominantní horní končetiny	1	1	1
Postavení lokte	1	1	1
Postavení zápěstí	1	1	1
Aktivita opoziční horní končetiny	2		
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)	1		
Přenos váhy do směru úderu	1		

**Tabulka 41:** Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č. 6

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	4	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	3	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	3	3
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	4	

**Tabulka 42:** Test vleže se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 6

Test na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	4	
Vyvážené zatížení dlaní	3	2
Neutrální pozice lopatky	2	1
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	3	
Pánev zůstává v neutrální pozici	4	

**Tabulka 43:** Test na čtyřech u hráče č. 6

- Kompletní hodnocení úderu hráče:

Úder byl kvalitně zahrán. Slabší oblastí úderu je bod zásahu míče ve vztahu k sagitální rovině těla (očekávali bychom, že by míč mohl být odehrán více před tělem, horní končetina se o fázi zpožďuje). Dále se objevuje mírný úklon trupu a hlavy k raketě ve fázi zásahu. Pokud bychom měli zohlednit krajní postavení klíčových bodů podle škály kvalitativního hodnocení, vidíme excesivní upažení opoziční horní končetiny ve fázi nápřahu, to však nemá na kvalitu výsledného úderu vliv. Ostatní úhlové nastavení je optimální. Timing a úhlové rychlosti ramen a boků můžeme považovat za výborné.

Z DNS testů vyplývá oslabená stabilizace hrudní páteře a aktivace břišní stěny. Jako nedostatečné se jeví zatížení pravé dlaně a následně neoptimální stabilizace pravé i levé lopatky. Na pravé straně se objevuje scapula alata. I přes ne zcela optimální výsledky v některých bodech DNS testů byly u hráče naměřeny nadprůměrné hodnoty rychlosti odpalu míče a spinu. Úder byl technicky i biomechanicky dobře zvládnutý, celkově vidíme hodnotný a precizní forhend.



## 4.7 Hráč č. 7

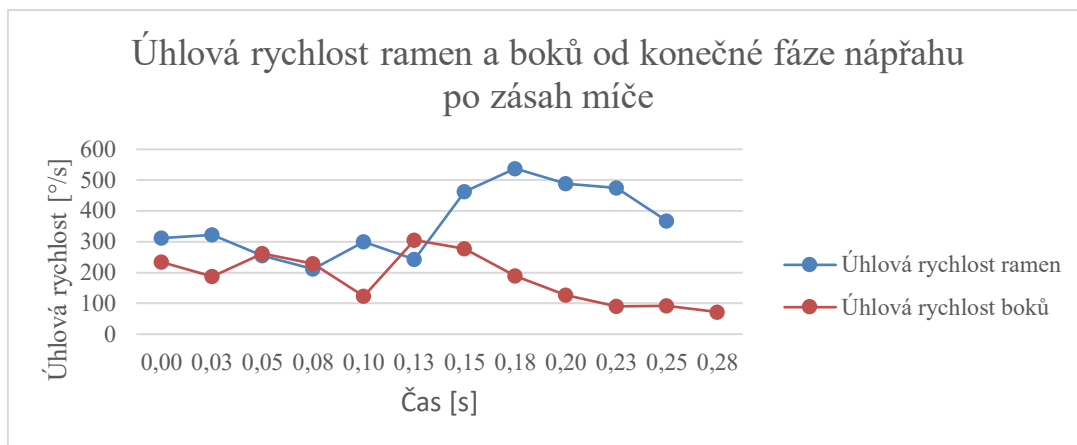
- Věk: 14 let, aktivní doba hraní: 4 roky, nyní: 2x týdně, status: rekreační hráč



Obrázek 21: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 7

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	56,64	10,5
Loket [°]	118	85
Osa ramen [°]	198,56	132,5
Osa boků [°]	182,94	150,34
Separáčn�i �hel [°]	15,62	-
<b>Max. �hlov� rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	537,65	
Rotace boků [°/s]	305,3	

Tabulka 44:  hlov  nastavení a maxim ln   hlov  rychlost klíčových bodů u hráče č. 7



**Tabulka 45: Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u hráče č. 7**

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost míče [kph]	119
Max. spin [rpm]	1309
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	62

**Tabulka 46: Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 7**

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze	2		
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	2	1	1
Postavení trupu	1	1	1
Rotace ramen	2	0	1
Upažení dominantní horní končetiny	1	0	1
Postavení lokte	1	0	1
Postavení zápěstí	1	1	1
Aktivita opoziční horní končetiny	0		
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)	0		
Přenos váhy do směru úderu	1		

**Tabulka 47: Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č. 7**

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	3	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	3	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	3	3
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	3	

**Tabulka 48: Test vleže se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 7**

Test na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	3	
Vyvážené zatížení dlaní	3	3
Neutrální pozice lopatky	3	3
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	3	
Pánev zůstává v neutrální pozici	4	

**Tabulka 49: Test na čtyřech u hráče č. 7**

- Kompletní hodnocení úderu hráče:

U tohoto rekreačního hráče vidíme průměrně kvalitní úder provedený s velkou snahou. Je nutné brát v potaz nízkou četnost tréninků a krátkou aktivní dobu hraní. Z videoanalýzy pozorujeme především nadměrně rozkročené dolní končetiny na konci náprahové fáze, stejně tak nadměrné pootočení celého těla vzad (viz úhlové nastavení rotace osy boků a osy ramen v koncové fázi náprahu). Tyto aspekty jsou již z počátku úderu nevýhodné a pro zahrání optimálního bodu zásahu míče je hráč musí překonat. V závislosti na těchto bodech vidíme kompenzaci aktivitou dolních končetin od švihové fáze dále, vidíme vysoký výskok. Tím hráč produkuje velkou lineární hybnost těla, aby byla předána razance míči. Aby v návaznosti na toto hráč zvládl správně odehrát úder, snižuje moment setrvačnosti horní končetiny tím, že má výrazně pokrčený loket společně s addukcí paže. Hra s více nataženým loktem by byla pro hráče silově a stabilizačně podstatně náročnější. Tím, že hráč vycházel z pozice pootočené vzad, vidíme toto pootočení vzad i ve fázi zásahu (viz úhlové nastavení osy ramen a boků v tabulce), čímž nestihne odehrát míč před tělem. Odehrává tak míč vedle těla.

Z DNS testů je patrná dostačující posturální stabilizace. Hráč má tak dobré posturální základy, na kterých může do budoucna stavět společně s rozvojem techniky a osvojením si specifických motorických dovedností. Úhlové nastavení jednotlivých segmentů horní končetiny nebylo v jednotlivých fázích optimální, stejně tak objevujeme průměrný úder vzhledem ke kvalitě měřitelných aspektů (rychlost a spin míče). Hráč je dobře nasměrován ve svém tenisovém rozvoji, nyní je potřeba respektovat individuální stupeň motorického učení.

## 4.8 Hráč č. 8

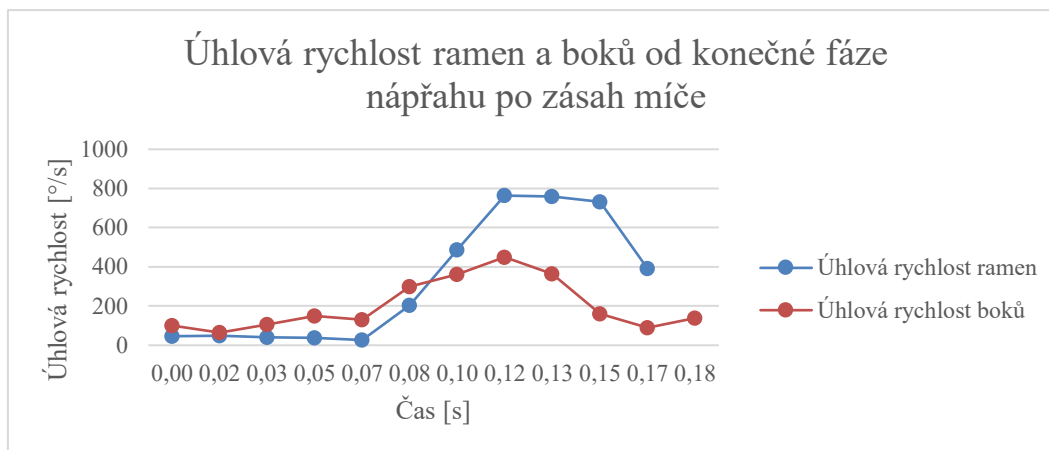
- Věk: 24 let, aktivní doba hraní: 17 let, nyní: 3x týdně, status: závodní hráč



Obrázek 22: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 8

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	63,7	54,2
Loket [°]	139,9	112,2
Osa ramen [°]	184,35	78,27
Osa boků [°]	175,2	109,43
Separáční úhel [°]	9,15	-
<b>Max. úhlová rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	763,93	
Rotace boků [°/s]	449,7	

Tabulka 50: Úhlové nastavení a maximální úhlová rychlost klíčových bodů u hráče č. 8



**Tabulka 51: Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u hráče č. 8**

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost míče [kph]	120
Max. spin [rpm]	1776
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	28

**Tabulka 52: Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 8**

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze	1		
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	1	1	1
Postavení trupu	1	2	1
Rotace ramen	1	1	1
Upažení dominantní horní končetiny	1	1	1
Postavení lokte	1	1	1
Postavení zápěstí	1	1	1
Aktivita opoziční horní končetiny	1		
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)	1		
Přenos váhy do směru úderu	1		

**Tabulka 53: Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č. 8**

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	3	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	4	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	3	3
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	3	

**Tabulka 54: Test vleže se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 8**

Test na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	2	
Vyvážené zatížení dlaní	3	3
Neutrální pozice lopatky	3	3
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	4	
Pánevní zůstává v neutrální pozici	3	

**Tabulka 55: Test na čtyřech u hráče č. 8**

- Kompletní hodnocení úderu hráče:

Při zásahu míče se objevuje mírná výchylka trupu i hlavy směrem k raketě, jinak byl úder zahrán optimálně. Při fázi follow through objevujeme velkou abdukcí horní končetiny, to však může být pouhým dokončením úderu se západním držením, při němž míči byla udělena značná horní rotace, jak dokládají hodnoty naměřené senzorem. Co se týče úhlových rychlostí rotace osy ramen a boků jedná se o kvalitní provedení. Proto, aby hráč zvýšil rychlost odpalu míče, tedy kvalitu úderu, bychom mu doporučili zaměřit se na vyšší přenos impulsu síly do míče, a tedy i vyšší lineární hybnost těla a zároveň se zaměřit na timing zapojení boků pro využití plného potenciálu kinematického řetězce. Z grafu vyplývá, že maximální úhlová rychlost rotace os boků nastala v podstatě příliš pozdě, ale toto zvládl hráč dobře kompenzovat rotací horního trupu.

V DNS testu hráč prospívá bez výraznějších odchylek. Jediným nedostatkem byla neoptimální stabilizace pozice hlavy v poloze na čtyřech. Úhlové nastavení horní končetiny se jeví jako relativně ideální. Celkově byl úder proveden kvalitně.



## 4.9 Hráč č. 9

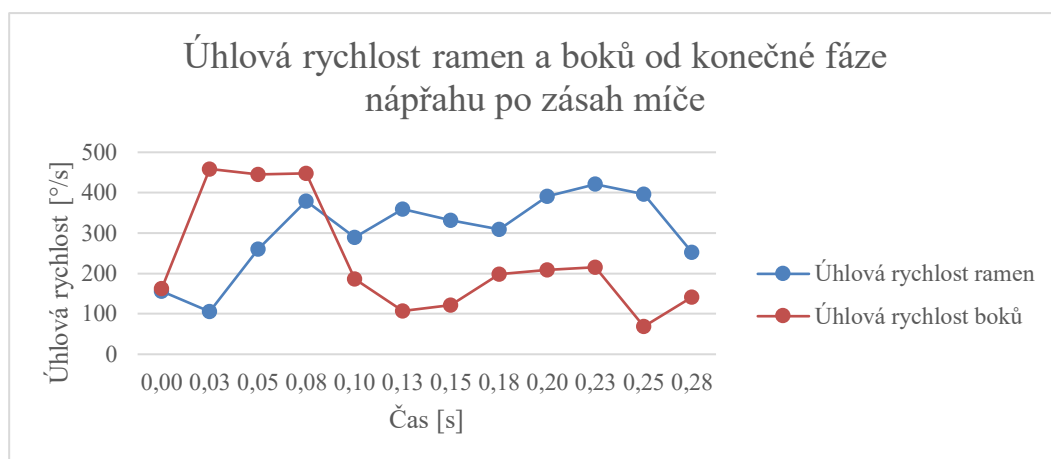
- Věk: 26 let, aktivní doba hraní: 17 let, nyní: 3x týdně, status: závodní hráč



Obrázek 23: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 9

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	71,1	23,2
Loket [°]	125,1	96,4
Osa ramen [°]	194,97	107,6
Osa boků [°]	186,15	121,15
Separáční úhel [°]	8,82	-
<b>Max. úhlová rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	420,8	
Rotace boků [°/s]	458,8	

Tabulka 56: Úhlové nastavení a maximální úhlová rychlost klíčových bodů u hráče č. 9



**Tabulka 57: Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u hráče č. 9**

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost míče [kph]	123
Max. spin [rpm]	1496
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	46

**Tabulka 58: Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 9**

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze	2		
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	1	1	1
Postavení trupu	2	1	1
Rotace ramen	1	0	1
Upažení dominantní horní končetiny	1	0	1
Postavení lokte	1	2	1
Postavení zápěstí	1	1	1
Aktivita opoziční horní končetiny	1		
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)	0		
Přenos váhy do směru úderu	1		

**Tabulka 59: Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č. 9**

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	2	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	3	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	3	3
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	3	

**Tabulka 60: Test vleže se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 9**

Test na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	2	
Vyvážené zatížení dlaní	3	3
Neutrální pozice lopatky	2	2
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	2	
Pánev zůstává v neutrální pozici	3	

**Tabulka 61: Test na čtyřech u hráče č. 9**



- Kompletní hodnocení úderu hráče:

Zde se jedná o průměrně kvalitní forhend hraný s velkým úsilím. Úder začíná nadměrným rozkročením dolních končetin, předklonem a posunem trupu vzad. Těžiště těla je umístěno nadměrně vzadu nad zadní nohou, to ovlivní celý průběh švihové fáze. V první polovině švihové fáze je pohyb veden lineárně, výraznější rotační složka pohybu osy ramen se objevuje až od druhé poloviny švihové fáze. Tato rotace ramen nastává příliš pozdě, a tak hráčka hraje úder na úrovni těla a nestihne ve fázi zásahu vyvinout požadovanou úhlovou rychlost osy ramen a v návaznosti na to hráčka volí nižší moment setrvačnosti horní končetiny pomocí addukce paže a výrazné flexe v loketním kloubu. Toto způsobí výrazně nižší efektivitu úderu vzhledem k velkému úsilí, které hráčka vyvine a projeví se na rychlosti odletu míče.

Z DNS testů vyplývá nízká kvalita posturální stabilizace těla ve všech bodech. Především se jedná o stabilizaci hlavy v jednotlivých testech a insuficientní stabilizaci lopatek společně s nestabilní hrudní páteří v sagitální rovině. Zde se projevuje korelace mezi výsledky posturálního testu a kvalitou aktivace trupu a horní končetiny v úderu (především rychlost rotace osy ramen).

## 4.10 Hráč č. 10

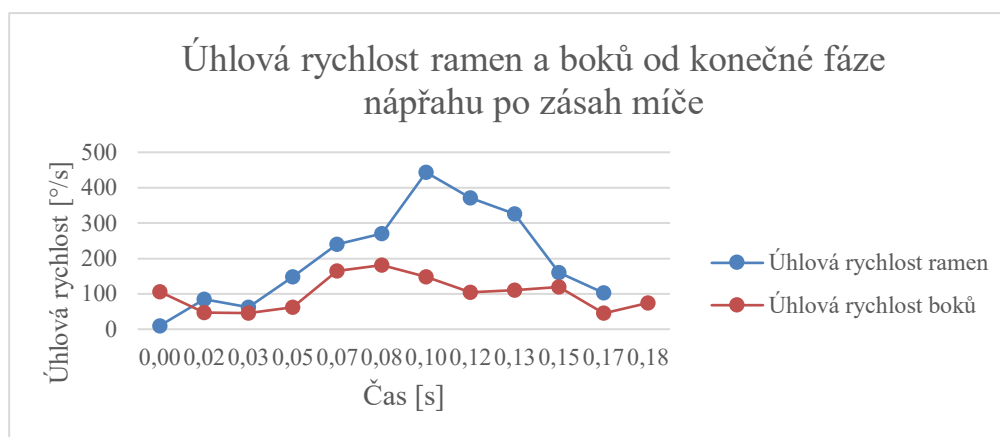
- Věk: 32 let, aktivní doba hraní: 22 let, nyní: 3x týdně, status: závodní hráč



Obrázek 24: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 10

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	90,29	20,6
Loket [°]	135,9	85,9
Osa ramen [°]	168	103,52
Osa boků [°]	146,24	107,88
Separáční úhel [°]	21,76	-
<b>Max. úhlová rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	443,33	
Rotace boků [°/s]	181,21	

Tabulka 62: Úhlové nastavení a maximální úhlová rychlost klíčových bodů u hráče č. 10



Tabulka 63: Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u hráče č. 10

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost míče [kph]	121
Max. spin [rpm]	1379
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	48

Tabulka 64: Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 10

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze	1		
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	1	0	0
Postavení trupu	1	2	2
Rotace ramen	1	0	0
Upažení dominantní horní končetiny	1	0	1
Postavení lokte	1	0	1
Postavení zápěstí	1	1	1
Aktivita opoziční horní končetiny	1		
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)	0		
Přenos váhy do směru úderu	0		

Tabulka 65: Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č. 10

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	3	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	3	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	2	2
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	2	

Tabulka 66: Test vleže se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 10

Test v pozici na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	3	
Vyvážené zatížení dlaní	3	3
Neutrální pozice lopatky	2	2
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	3	
Pánev zůstává v neutrální pozici	3	

Tabulka 67: Test na čtyřech u hráče č. 10

- Kompletní hodnocení úderu hráče:

U hráče č. 10 vidíme podprůměrný úder vzhledem k aktivní době hraní hráče. Úder je biomechanicky i technicky neoptimální. Z videoanalýzy je patrné, že hráč využívá rotace ramen a boků naprosto nedostatečně. Zapojení boků je opravdu minimální, to dokazuje i tabulka úhlového nastavení. V době zásahu hráč naklání trup směrem od míče a přestává rotovat osou ramen (to dokazuje i tabulka úhlového nastavení a graf úhlové rychlosti). Švih je tak dokončen pouze zapojením horní končetiny, která je blízko u těla a pokrčená v lokti pro redukci momentu setrvačnosti. Míč je zasažen pozdě, téměř na úrovni těla. To společně se záklonem trupu ovlivní předání výsledného impulsu síly míči, což je viditelné i z hodnot naměřených senzorem (vidíme průměrnou rychlost míče a podprůměrný spin). Odehrání úderu se jeví jako když hráč špatně odhadl odskok míče, jedná se však o typický styl úderu hráče.

V DNS testech se projevuje nadměrná aktivace přímého břišního svalu s mírnou diastázou a neoptimální aktivace ostatních svalů břišní stěny. Co se týče stabilizace lopatek, jeví se jako insuficientní. Tyto nepříliš kvalitní výsledky posturální stabilizace mají korelaci i s aktivitou jednotlivých tělesných segmentů v úderu, kde objevujeme především zcela nedostačující úhlovou rychlost rotace osy boků a ramen, stejně tak jako neoptimální úhlové nastavení horní končetiny.

## 4.11 Hráč č. 11

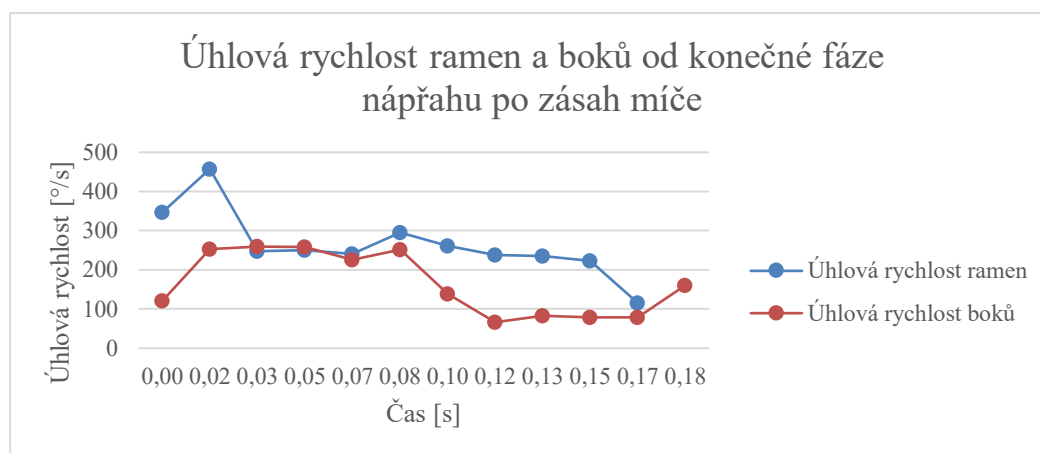
- Věk: 23 let, aktivní doba hraní: 9 měsíců, nyní: 1x týdně, status: rekreační hráč



Obrázek 25: Snímky z videozáznamu zachycující konečnou fázi nápřahu, zásah míče a follow through u hráče č. 11

Úhlové nastavení	Koncová fáze nápřahu	Fáze zásahu míče
Rameno [°]	41,4	44,6
Loket [°]	124,5	155,3
Osa ramen [°]	168,7	120,29
Osa boků [°]	161,18	130,28
Separáční úhel [°]	7,52	-
<b>Max. úhlová rychlost [°/s]</b>		
Rotace ramen [°/s]	457,5	
Rotace boků [°/s]	259,375	

Tabulka 68: Úhlové nastavení a maximální úhlová rychlost klíčových bodů u hráče č. 11



**Tabulka 69:** Graf zobrazující úhlovou rychlost ramen a boků od konečné fáze nápřahu po zásah míče u hráče č. 11

Senzor Zepp Tennis 2	Hodnota
Max. rychlost míče [kph]	121
Max. spin [rpm]	1692
Odpal míčku středem hlavy rakety [%]	23

**Tabulka 70:** Hodnoty naměřené senzorem Zepp Tennis 2 u hráče č. 11

Kvalitativní hodnocení pohybu	Nápřah	Švih a zásah	Follow through
Postavení dolních končetin a opěrná báze na konci nápřahové fáze	1		
Aktivita kolene (z flexe do extenze)	1	1	1
Aktivita kyčle (z flexe do extenze)	1	1	1
Rotace boků	1	0	0
Postavení trupu	1	1	1
Rotace ramen	1	0	0
Upažení dominantní horní končetiny	1	1	1
Postavení lokte	0	1	1
Postavení zápěstí	1	1	1
Aktivita opoziční horní končetiny	1		
Optimální bod zásahu (flexe v ramenním kloubu)	1		
Přenos váhy do směru úderu	0		

**Tabulka 71:** Kvalitativní hodnocení pohybu z videozáznamu u hráče č. 11

Test vleže se zvednutými dolními končetinami	Vlevo	Vpravo
Napřímená krční páteř	4	
Stabilní Th/L přechod (spodní záda přiléhají k podložce)	4	
Přiměřená aktivace celé břišní stěny	4	4
Vyvážená aktivita přímého břišního svalu bez diastázy	4	

**Tabulka 72:** Test vleže se zvednutými dolními končetinami u hráče č. 11

Test na čtyřech: opora o dlaně a kolena	Vlevo	Vpravo
Hlava zůstává v neutrální pozici	3	
Vyvážené zatížení dlaní	3	3
Neutrální pozice lopatky	3	4
Stabilní hrudní páteř v sagitální rovině	4	
Pánevní zůstává v neutrální pozici	4	

**Tabulka 73:** Test na čtyřech u hráče č. 11

- Kompletní hodnocení úderu hráče:

Vzhledem ke krátké aktivní době hraní vidíme u hráče poměrně kvalitní úder. Na první pohled je viditelné nestandardní postavení opoziční horní končetiny, hráč ji však v úderu zapojí v rozmezí normálu. Dále nacházíme nadměrně flektovaný loket dominantní horní končetiny na konci náprahu, to pro následný švih není výhodné. Co se týče rotace osy ramen a boků vzad, očekávali bychom větší separační úhel, aby došlo k většímu předpětí svalů. Zde hráč nevyužívá předpětí svalstva a zcela nedostatečně rotuje osou ramen, dominuje tak kompenzační aktivita horní končetiny. To dokazuje i konečné úhlové nastavení osy ramen. Zároveň vidíme nedostatečnou aktivitu boků. Celkově toto nevhodné zapojení trupu v úderu shledáváme biomechanicky neoptimální a přisuzujeme tento vzor zatím neosvojené technice hráče. Vidíme i nižší úhlovou rychlost ramen a boků, než jaké by mohl hráč dosáhnout při využití svého potenciálu. V konečné fázi náprahu má hráč těžiště nadměrně vpředu, a tak nevidíme ani vhodné načasování přenosu váhy směrem do úderu. Je třeba podotknout, že je hráč toto neideální postavení schopen kompenzovat silovým švihem pouhou horní končetinou a kvalitní aktivací zápěstí, a tak se mu daří vyvinout i poměrně kvalitní rychlost míče spolu se spinem, jak dokazují hodnoty naměřené senzorem.

Posturální stabilizace je v DNS testech velmi kvalitní. To vidíme i v jednotlivých fázích úderu, ale aktivace trupu (rotace os boků a ramen) je nedostatečná vzhledem k neosvojené technice.



## 5 DISKUZE

V teoretické části této práce jsem shrnula poznatky o optimálním provedení tenisového úderu. Zaměřila jsme se nejen na vyučovanou techniku úderu, ale i na optimální techniku z pohledu biomechaniky tak, jak ji prezentují dosavadní studie. V rámci konceptu kvalitativní diagnostiky pohybu je nutné pochopit výkon hráče komplexně, což zmiňuje autor Duane V. Knudson (2013). To v tenise platí obzvláště. Proto jsem se v první části teoretických poznatků zaměřila na rozbor tenisového úderu z více vlivů kvalitativní diagnostiky tak, jak ji chápe Duane V. Knudson (2013), který popisuje jednotlivé faktory ovlivňující výkon do oborů biomechaniky, motorického vývoje a motorické učení, stejně tak psychologicko-pedagogické vlivy. Zároveň autor popisuje čtyřbodový postup diagnostiky pohybu (1. příprava, 2. pozorování, 3. hodnocení, 4. zpětná vazba) a pro kvalitativní hodnocení pohybu využívá své vlastní škály (vizuálně-analogovou škálu a řadovou škálu). Další pohled na kvalitativní diagnostiku pohybu popisuje Brown (1982), podle nějž je možné hodnotit jakýkoliv pohyb na základě jím stanovených pěti bodů (1. výhledový bod, 2. zjednodušení pohybu, 3. rovnováha a stabilita, 4. pohybové vztahy, 5. rozsah pohybu). V určitých bodech se shoduje i koncept Sedmi aspektů kvalitativní diagnostiky pohybu podle Jamese a Dufka (2014). Tento koncept popisuje sedm aspektů hodnocení (1. klasifikace dovednosti, 2. rozdělení pohybu do jednotlivých fází, 3. pozorování a hodnocení každé fáze pohybu, 4. zaměření pozornosti na konkrétní aspekt, 5. hodnocení a zpětná vazba, 6. silné stránky výkonu, 7. slabé stránky výkonu).

Pro vytvoření nejlepší možné struktury pozorování pohybu jsem shrnula koncepty hodnocení pohybu podle Knudsona (2013), Browna (1982) a Jamese a Dufka (2014). Díky těmto třem konceptům jsem vytvořila optimální postup a stanovila si konkrétní klíčové znaky forhendu. Na základě klíčových znaků jsem vytvořila tabulku v závislosti na jednotlivých fázích úderu. Využila jsme systém řadového škálování tak, jak jej stanovil autor Duane V. Knudson (2013). Ve výsledku se jeví rozsah této škály velmi omezený, jelikož je možné hodnotit pouze na základě významných odchylek v úderu. Já bych navrhla širší stupnici škálování. Proto jsem v práci významné odchylky dále slovně popsala v kompletním hodnocení hráče pro detailnější rozbor.



Duane V. Knudson (2013) vyzdvihuje obtížnost hodnocení sportovního pohybu a doporučuje pozorovatelům vytvořit si jakýsi ideální model výkonu. Tento princip ideálního modelu trenérům doporučuje i Crespo (2002). Ale z mých rozborů výkonů probandů usuzuji, že je potřebné vytvořit si více vzorů ideálního modelu provedení úderu. A to podle stylu hry jedince, typu úderu, typu držení, typu postavení a anatomicko-morfologických poměrů hráče. Pozorovatel by měl zohlednit nejen standardizované pohybové komponenty úderu (jako je předpisová technika), ale zaměřit se i na individualitu hráče a vycházet z principů biomechaniky. Role trenéra pak spočívá v rozhodnutí, zda danou alternativní aktivitu segmentu bude považovat za individualitu hráče nebo za odchylku narušující efektivitu úderu. Je zcela logické, že není stanoven globálně jednotný ideální model provedení úderu, tím dochází k odlišným názorům pozorovatelů. Častokrát se setkáváme s různými pohledy trenérů na ideální výkon hráče, kvalitativní hodnocení pohybu je tak vždy subjektivní.

Proces hodnocení se podle Haya a Reida (1988) může ubírat dvěma následujícími směry: sekvenční nebo mechanickou metodou. Nejrozšířenější metodou, kterou vidíme i mezi trenéry, je metoda sekvenční. Ta porovnává výše zmíněný mentální obraz očekávaného pohybu s tím, co pozorovatel vidí v realitě. Zatímco méně aplikovaným způsobem je metoda mechanická. Mechanická metoda zvažuje biomechanické principy (potažmo i biomechanické parametry) ovlivňující pohyb a výkonnost hráče. Proces hodnocení pak spočívá v rozhodování, do jaké míry bylo dosaženo určitých biomechanických faktorů. Díky těmto metodám není výkon hráče klasifikován pouze jako dobrý nebo špatný, ale dává prostor k širšímu náhledu na výkon jedince. Mechanickou metodu hodnocení využívá jak studie *Key factors and timing patterns in the tennis forehand of different skill levels* (Landlinger, 2010b), tak studie s názvem *Kinematic differences of elite and highperformance tennis players in the cross court and down the line forehand* (Landlinger, 2010a) a taktéž studie *Tennis flat forehand drive stroke analysis: three dimensional kinematics movement analysis approach* (Rusdiana, 2021). Naopak studie *Kinematic Analysis on the Forehand Stroke of ATP Tennis Player Karen Khachanov* (Du, 2017) pouze popisuje konkrétní biomechanické aspekty tenisového úderu hráče, ale nehodnotí širší souvislosti a konsekvence jednotlivých parametrů. Já jsem ve svém hodnocení úderu u 11 probandů využila jak metody sekvenční, tak metody mechanické. V rámci sekvenční metody jsem úder hodnotila na základě mentálního obrazu ideálního pohybu a v rámci mechanické metody jsem využila parametry pohybu získané z videoanalýzy díky využití programu Tracker. Tyto

parametry jsem zohlednila v kompletním hodnocení hráče. Do kompletního hodnocení hráče jsem tedy zahrнула výsledky kvantitativního hodnocení, kvalitativního hodnocení pomocí výsledků ze stejnojmenné tabulky a vyšetření posturální stabilizace v rámci konceptu DNS.

Co se týče způsobu videoanalýzy, ve studii *Key factors and timing patterns in the tennis forehand of different skill levels* (Landlinger, 2010b) bylo strategicky rozmístěno osm kamer snímkovou frekvencí 400 Hz. (3 za základní čarou, 1 kamera z obou stran na postranní čáře a 3 kamery vpředu nad hlavou hráče umístěné 4 m vysoko). Zároveň pro označení klíčových bodů bylo umístěno 39 reflexních markerů na tělo hráče a 4 markery na raketu. Pro vyhodnocení biomechanických parametrů byl využit software Nexus. Naopak ve studii *Tennis flat forehand drive stroke analysis: three dimensional kinematics movement analysis approach* (Rusdiana, 2021) volí využití tří videokamer se snímkovou frekvencí 100 Hz, a to rozložení následující: videokamera 1 se nacházela 1,5 m kolmo vpravo od hráče, kamera 2 byla umístěna 2 m za hráčem a kamera 3 byla ve výšce nad hlavou hráče. Dále bylo využito manuálních markerů na těle hráče, ve studii však není uveden počet těchto markerů. Rychlost míče v rámci objektivizace byla snímána pomocí speed gun radaru. Pro vyhodnocení byl použit analyzační software Frame Diaz IV. Stejnou snímkovou frekvencí 100 Hz volí i studie *Kinematic Analysis on the Forehand Stroke of ATP Tennis Player Karen Khachanov* (Du, 2017), ve které byly použity dvě kamery postavené šikmo vpravo od postranních čar dvorce. Jedna byla umístěna u sítě a druhá blíže k základní čáře. Video bylo hodnoceno v analyzačním systému 3-D Signal TEC V2.0C s využitím modelové figuríny, kde bylo označeno 21 kloubních parametrů a následně bylo krok po kroku analyzováno jejich zapojení. Já jsem videozáznam získávala pomocí dvou videokamer se snímkovou frekvencí 480 Hz. V rámci rozmístění kamer jsem se inspirovala nejčastěji se objevující pozicí kamer v těchto studiích. Zvolila jsem umístění první videokamery přímo na základní čáru z vnější strany dvorce a druhé videokamery do zadní třetiny vzdálenosti mezi základní čarou a čarou podání, a to v úhlu svírajícím se základní čarou přibližně 45°. V rámci videoanalýzy byl použit bezmarkerový systém analýzy a v programu Tracker bylo pomocí manuálního označení klíčových bodů v rámci jednotlivých snímků dosaženo výsledného výpočtu úhlového nastavení a úhlových rychlostí daných segmentů. Pro získání výsledných hodnot bylo stěžejní po vložení videa do programu stanovit klíčové body a správnou snímkovou frekvenci, ve které byly videa natáčeny. Pro komplexní pohled na kvalitu úderu jsem využila senzor Zepp Tennis 2. Výhodou senzoru Zepp Tennis 2 je jeho umístění na

rukojeť rakety pomocí silikonové objímky, a tak hráč může odehrávat úder raketou, s níž je zvyklý tenis hrát. Subjektivně někteří hráči zprvu uváděli, že si museli přivyknout na objímku, ale ve výsledku toto nebylo rušivým elementem. V tomto shledávám velké pozitivum oproti elektronickým tenisovým raketám.

Co se týče konkrétních hodnot naměřených senzorem, brala jsem v potaz především rychlost a spin míče. Zásah míče středem rakety je rovněž důležitý pro kvalitu výsledného úderu. Já jsem procentuální úspěšnost zásahu míče středem rakety do výsledků hodnocení nezahrnovala, jelikož je senzor Tennis Zepp 2 při určení této hodnoty značně nepřesný, jak dokazuje studie s názvem *Quantifying hitting activity in tennis with racket sensors: new dawn or false dawn?* (Keaney, 2020). Zatímco hodnoty spinu a rychlosti míče byly studií určeny jako odpovídající skutečnosti. V rámci testování probandů jsem zjistila, že značný vliv na výslednou rychlost odpalu míče u totožného hráče má tvrdost míče (rozdíl až 8kph). Proto jsem při testování probandů využívala stejné míče pro vytvoření identických podmínek.

K objasnění výsledků kvalitativního hodnocení úderu probandů přispělo i kvantitativní hodnocení, zejména konkrétní úhlové nastavení tělesných segmentů a maximální úhlové rychlosti boků a ramen. Díky tomu je možné vytvořit ucelený pohled na výkon jedince. Aby byl forhend opravdu kvalitní, musí splňovat určitá kritéria. Jedním z těchto kritérií je biomechanicky optimální technika hráče, při níž dochází ke správnému zapojení jednotlivých částí kinematického řetězce a optimálnímu úhlovému nastavení tělesných segmentů. Právě stanovení ideálních úhlových nastavení je vzhledem k vysoké variabilitě proměnných poměrně problematické. Konkrétní úhlové nastavení a úhlové rychlosti tělesných segmentů byly předmětem tří výše zmíněných studií [*Tennis flat forehand drive stroke analysis: three dimensional kinematics movement analysis approach* (Rusdiana, 2021) ; *Kinematic Analysis on the Forehand Stroke of ATP Tennis Player Karen Khachanov* (Du, 2017) ; *Kinematic differences of elite and high-performance tennis players in the cross court and down the line forehand* (Landlinger, 2010a)]. Z výsledků naměřených hodnot v těchto studiích je patrná značná variabilita.

Já jsem v rámci hodnot úhlového nastavení a úhlových rychlostí dospěla k rozdílným hodnotám u jednotlivých probandů. To je možné uvést na příkladu úhlového nastavení ramene, které podle studie autora Du et al. odpovídá u ATP elitního hráče ve fázi náprahu 79,4° a ve fázi zásahu 62,3°. Podle mých měření u probandů nacházím průměrně ve fázi náprahu 72,1° a ve fázi zásahu 51,8°. Tyto hodnoty jsou přibližně odpovídající výsledkům naměřených ve studii, avšak u probanda č. 4 (hráče vysoké

kategorie) nacházím úhlové nastavení  $56,5^\circ$  a  $55,6^\circ$ , což je značně rozdílné od výsledků studie, přesto hráč zahrál úder velmi kvalitně.

U úhlového nastavení lokte v obou fázích úderu jsem došla k průměrným výsledkům, které se téměř shodují s dosavadními studii. Např. studie Landingera et al. (2010b) vykazuje výsledné úhlové nastavení lokte v náprahu u juniorů  $118,6 \pm 24,7^\circ$  a u dospělých  $109,3 \pm 21,4^\circ$ . Naproti tomu studie Du et al. (2017) naměřila tento úhel u dospělého jedince  $149,5^\circ$ . Já jsem naměřila v průměru úhel  $143,77^\circ$ , který je v podstatě v rozmezí hodnot naměřených těmito studii. U probandů se ve fázi zásahu míče úhlové nastavení lokte (tedy  $130,52^\circ$ ) nachází v rozmezí výsledků studie Landingera et al. (2010b). V rámci skupiny testovaných probandů nacházím poměrně variabilní hodnoty úhlového nastavení lokte, především ve fázi zásahu. U tří hráčů byla naměřena nízká hodnota ( $85^\circ$ ,  $85,9^\circ$  a  $96,4^\circ$ ) a u dvou hráčů krajně vysoká hodnota ( $178,6^\circ$  a  $180^\circ$ ). Tyto výchylky úhlového nastavení jsou v rozporu s hodnotami uváděnými studii a zrovna tak se u těchto hráčů objevuje nevhodné funkční zapojení těchto segmentů a tedy i neoptimální provedení úderu.

V rámci úhlového nastavení osy ramen a osy boků v jednotlivých fázích úderu se výsledky u probandů většinou shodují s hodnotami uváděnými studii Landingera et al. (2010b). Naměřené krajní hodnoty nastavení osy ramen a osy boků ve fázi zásahu míče u hráče č.7 a hráče č. 11 ovlivňují negativně výslednou kvalitu úderu, poněvadž jsou tyto tělesné segmenty v úderu zapojeny neoptimálně.

Dále jsem naměřila úhlové rychlosti rotace osy boků a osy ramen u testovaných probandů. Ty jsem zaznamenala do grafu zobrazující úhlové rychlosti rotace osy ramen a osy boků od konečné fáze náprahu po fázi zásahu míče. Na ose x jsem uvedla konkrétní hodnoty ve 12 časových úsecích. Stejný rámeček grafu znázorňuje i studie *Key factors and timing patterns in the tennis forehand of different skill levels* (Landlinger, 2010b). Zde je shodně jako v mém grafu úhlová rychlost osy ramen i osy boků zaznamenána do dvou samostatných křivek. V této studii křivky mají tvar sinusoidy, jejíž vrchol znázorňuje maximální hodnotu úhlové rychlosti. Nejvyšší hodnota úhlové rychlosti osy boků nastává dříve v čase a je nižší cca o 30 % oproti nejvyšší hodnotě úhlové rychlosti osy ramen (konkrétně u dospělých hráčů je popsána maximální úhlová rychlost osy boků  $540,5 \pm 40,5^\circ/s$  a osy ramen  $745,0 \pm 82,1^\circ/s$ ). Pomocí tohoto grafu je možné určit míru zapojení daných segmentů v čase a jejich timing. Při porovnání grafu z výše uvedené studie jsem naměřila stejné nebo nižší úhlové rychlosti u jednotlivých probandů a u několika hráčů taktéž nevhodný poměr rychlostí obou os. Tím zaostává jedna z úhlových rychlostí, což

je způsobeno neoptimálním zapojení těchto segmentů. Pak dochází k nevhodné aktivaci kinematického řetězce, tím pádem i nevhodné aktivaci trupu v úderu.

Z výše uvedených naměřených hodnot úhlového nastavení vyplývá, že úhlové nastavení tělesných segmentů má určitý vliv na výslednou kvalitu úderu. Úhlové nastavení se však majoritně nepodílí na kvalitě úderu. To potvrzuje kazuistika hráče č. 4, který byl v rámci testované skupiny klasifikován jako hráč s nejlepším výkonem a nejvyšší hodnotu rychlosti odpalu míče. U tohoto hráče se naměřené hodnoty úhlového nastavení neshodují s výsledky výše uvedených studií, ale nacházíme u něj nadprůměrné hodnoty úhlových rychlostí osy ramen a osy boků. Stejně tak vidíme nadprůměrnou rychlost odpalu míče. Z tohoto plyne, že významnější podíl na kvalitu úderu má úhlová rychlost rotace osy ramen a osy boků oproti prostému úhlovému nastavení jednotlivých tělesných segmentů. Pokud u některého z probandů nacházíme vysokou rychlost rotace osy ramen a osy boků ve správném poměru, tak vidíme i vysokou rychlost odpalu míče. A proto spatřujeme zásadní vliv aktivity trupu na kvalitu úderu. To je v souladu s tvrzením Muhamada (2016), který udává rotaci horní a dolní poloviny těla za klíčovou pro generování síly v tenisovém úderu. Stejně tak má posturální stabilizace trupu značný podíl na kvalitu výsledného úderu. Avšak někteří hráči jsou schopni neoptimálního zapojení trupu v úderu kompenzovat aktivitou jiných segmentů v kinematickém řetězci, pak se ale provedení úderu označuje za ne zcela optimální.

Vyšetření posturální stabilizace jsem testovala pomocí dvou testů v rámci konceptu DNS. Z jednotlivých kazuistik hráčů se při posuzování DNS testů potvrdil předpoklad, že posturální stabilizace má vliv na kvalitu zapojení trupu v úderu. Pokud jsem u hráče při testování zaznamenala nevhodnou posturální stabilizaci, v úderu pak bylo viditelné nevhodné postavení nebo nevhodná aktivita trupu, což se potvrdilo i změřením úhlového nastavení a úhlové rychlosti osy boků a ramen. Ve studii *The Role of Knee Positioning and Range-of-Motion on the Closed-Stance Forehand Tennis Swing* (2008) autoři dochází k závěru, že aktivita trupu tvoří až 67,8 % z celkové práce těla. S tím se ztotožňuje i studie s názvem *Kinetics of the upper extremity in the open and square stance tennis forehand* (Bahamonde, 2003), v níž považují aktivitu trupu za značně se podílející na výsledné rychlosti švihů rakety. S těmito výroky autorů souhlasím. Avšak kvalita výsledného úderu není určena pouze kvalitou aktivace trupu v úderu, ale je dána součtem mnoha dalších faktorů. Z mé praktické části vyplývá, že probandi byli častokrát schopni kompenzovat nevhodnou aktivitu trupu nadměrným zapojením jiných segmentů z kinematického řetězce, avšak toto provedení je z dlouhodobého hlediska

neoptimální nejen co se výkonu ale i zdravotního hlediska týče. Toto tvrzení podporuje i Elliot (2006), podle nějž může být zranění často spojeno s nerovnoměrným zapojením jednotlivých segmentů v rámci kinematického řetězce, např. pokud je daný segment v řetězci málo zapojován, ostatní segmenty tuto aktivitu kompenzují, to může vést až k přetížení tkáně. Pro zlepšení kvality zapojení trupu v úderu, potažmo i pro zvýšení rychlosti švihů rakety, bych hráčům doporučila zaměřit se na kvalitu posturální stabilizace těla např. v individuální terapii s certifikovaným terapeutem DNS.

Z videoanalýzy je hráč častokrát schopen pojmut mnohem více problematických bodů úderu než ze slovního výkladu trenéra. To samo o sobě svědčí o velmi efektivní zpětné vazbě. Pokud je doplněna o vhodný komentář či popis, jedná se o jednu z nejlepších forem předání informací při vyučování techniky. Hodnota této zpětné vazby je bohužel doposud nedoceněna a nedostatečně aplikována. Nevýhodou této zpětné vazby zůstává její časová náročnost a oproti slovní zpětné vazbě jí chybí bezprostřednost. V dnešní době jsou snadno dostupná mobilní zařízení s dostačující kvalitou videozáznamu. Proto by mohlo být nahrávání tenisového úderu častěji využívanou technikou hodnocení výkonu hráče. Po kompletním hodnocení hráčů jsem probandům předala zpětnou vazbu. Po shlédnutí samotné videoanalýzy hráčem častokrát došlo k údivu, jakým způsobem byl forhend zahrán a jak hráč zapojuje samotné části v jednotlivých fázích úderu. To přispělo k uvědomění si nedostatků a pochopení, na co se má samotný hráč zaměřit.

Za hlavní přínos práce považuji pochopení nedostatků úderu samotnými probandy z vytvořené videoanalýzy a zpětné vazby. Stejně tak zhotovení formátu tabulky kvalitativního hodnocení pohybu, kde byly srozumitelně zohledněny hlavní klíčové znaky forhendů, a proto je snadno aplikovatelná pro jakéhokoliv trenéra či pozorovatele. Dále považuji za významné prokázání korelace posturální stabilizace trupu a aktivity trupu v úderu, čímž je ovlivněna výsledná kvalita úderu.

Uvědomuji si, že tato práce má své limity. Mezi ně řadím nehomogenní skupinu probandů, rozmístění kamer a absenci markerů pro označení klíčových bodů. V rámci pozice kamer by bylo vhodné zahrnout i kameru umístěnou ve výšce nad hlavou hráče tak, aby snímala pohyb z transverzální roviny, čímž by mohlo být dosaženo přesnějších výsledků. Dále by bylo možné v rámci videoanalýzy dosáhnout přesnějších výsledků díky automatickému pozicování klíčových bodů s využitím senzorů (neboli markerů) inerčních systémů, které fungují na principu gyroskopů a informují o změně polohy v čase, jak udává Kolář et al. (2009a). Také by bylo vhodné využít pokročilý analyzační

program, který je schopen automatické detekce klíčových bodů v jednotlivých snímcích videozáznamu.

Pro možné rozšíření práce do budoucna by bylo vhodné porovnávat dvě homogenní skupiny hráčů, zvolit více pozorovatelů a zaměřit se konkrétně na jeden vybraný aspekt pohybu. Dále by bylo opravdu přínosné vytvořit sestavu cviků zaměřenou na zlepšení oslabené posturální stabilizace u tenisty s cílem zlepšit aktivaci trupu v úderu a potažmo tenisový výkon.

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo shrnutí základních poznatků pro provedení optimálního forhendu a dále možného způsobu jeho hodnocení.

Ucelený postup hodnocení sportovního výkonu umožňuje právě kvalitativní diagnostiku pohybu. Tento postup jsem aplikovala při hodnocení tenisového forhendu u 11 probandů. Pro diagnostiku jsem využila videoanalýzu ze Slow-motion záznamu a společně s použitím programu Tracker a senzoru Zepp Tennis 2 jsem získala objektivizační parametry, jimiž jsou úhlové nastavení tělesných segmentů, úhlová rychlost rotace osy boků a ramen či rychlost míče, spin míče nebo procentuální úspěšnost odpalu míče středem hlavy rakety. Tyto výsledky jsem společně s kvalitativním hodnocením zapojení klíčových znaků a vyšetřením posturální stabilizace v rámci konceptu DNS zahrнула do kompletního hodnocení úderu hráče.

V praktické části jsem dále hodnotila funkční zapojení zúčastněných tělesných segmentů pomocí mnou vytvořené tabulky s názvem Kvalitativní hodnocení pohybu. Naměřené úhlové parametry byly využity k lepšímu kompletnímu zhodnocení úderu. Došla jsem k závěru, že není možné stanovit jednotné ideální úhlové nastavení tělesných segmentů, vždy je potřeba respektovat individualitu hráče. Významnější podíl na kvalitu úderu má úhlová rychlost rotace osy ramen a osy boků oproti prostému úhlovému nastavení jednotlivých tělesných segmentů.

V rámci hodnocení forhendu jsem u probandů zjistila, že má posturální stabilizace jedince vliv na kvalitu aktivace trupu v jednotlivých fázích úderu, což bylo viditelné na jednotlivých snímcích z videoanalýzy. Zároveň se prokázal vliv kvality posturální stabilizace na úhlové rychlosti rotace osy boků a osy ramen. Dalším přínosem práce byla zpětná vazba pro zúčastněné probandy. Výsledné hodnocení může být jakýmsi vzorem pro trenéry, obzvláště díky tabulce Kvalitativního hodnocení pohybu, která pomáhá snadno objevit odchylky v zapojení klíčových znaků úderu.



## REFERENČNÍ SEZNAM

- BAHAMONDE, R.E. a D KNUDSON, 2003. Kinetics of the upper extremity in the open and square stance tennis forehand. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. **6**(1), 88-101 [cit. 2021-07-09]. ISSN 14402440. Dostupné z: doi:10.1016/S1440-2440(03)80012-9
- BLACHE, Yoann, Thomas CREVEAUX, Raphaël DUMAS, Laurence CHÈZE a Isabelle ROGOWSKI, 2016. Glenohumeral contact force during flat and topspin tennis forehand drives. *Sports Biomechanics* [online]. **16**(1), 127-142 [cit. 2021-06-30]. ISSN 1476-3141. Dostupné z: doi:10.1080/14763141.2016.1216585
- BOLLETTIERI, Nick, 2017. *Bollettieriho tenisová škola*. 1. Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN 978-80-271-0059-0.
- BROWN, Eugene W., 1982. Visual Evaluation Techniques for Skill Analysis. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance* [online]. **53**(1), 21-30 [cit. 2021-02-10]. ISSN 0730-3084. Dostupné z: doi:10.1080/07303084.1982.10629272
- BURTON, A. W. a D. E. MILLER, 1998. *Movement Skill Assessment*. 1. Human Kinetics. ISBN 9780873229753.
- CRESPO, Miquel a David MILEY, 2002. *Tenisový trenérský manuál 2. stupně: (pro vrcholové trenéry)*. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 040603.
- DU, Chuanjia, Jihe ZHOU, Shuai WANG, Bing XU a Yinong CHEN, 2017. Kinematic Analysis on the Forehand Stroke of ATP Tennis Player Karen Khachanov. *MATEC Web of Conferences* [online]. **139**, 1-6 [cit. 2021-07-09]. ISSN 2261-236X. Dostupné z: doi:10.1051/mateconf/201713900003
- ELLIOT, B., K. BAXTER a T. BESIÉ, 1999. Internal rotation of upper-arm segment during a stretch-shorten cycle movement. *Journal of Applied Biomechanics* [online]. **15**, 381-395 [cit. 2021-07-11]. Dostupné z: <https://research-repository.uwa.edu.au/en/publications/internal-rotation-of-upper-arm-segment-during-a-stretch-shorten-c>
- ELLIOTT, B, 2006. Biomechanics and tennis. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **40**(5), 392-396 [cit. 2021-07-01]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.2005.023150
- ELLIOTT, Bruce, Tony MARSH a Peter OVERHEU, 1989. A Biomechanical Comparison of the Multisegment and Single Unit Topspin Forehand Drives in Tennis. *International Journal of Sport Biomechanics* [online]. **5**(3), 350-364 [cit. 2021-07-03]. ISSN 0740-2082. Dostupné z: doi:10.1123/ijsb.5.3.350
- ELLIOTT, Bruce, Kotaro TAKAHASHI a Guillermo NOFFAL, 1997. The Influence of Grip Position on Upper Limb Contributions to Racket Head Velocity in a Tennis Forehand. *Journal of Applied Biomechanics* [online]. **13**(2), 182-196 [cit. 2021-07-14]. ISSN 1065-8483. Dostupné z: doi:10.1123/jab.13.2.182

- FENG, Li a Liu LU, 2013. Tennis Forehand Stroke Action of Biological Mechanics Analysis. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* [online]. **5**(18), 4590-4593 [cit. 2021-07-09]. Dostupné z: <https://maxwellsci.com/jp/mspabstract.php?doi=rjaset.5.4379>
- FRANK, Clark, Alena KOBESOVÁ a Pavel KOLÁŘ, 2013. Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *International journal of sports physical therapy* [online]. (8) [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3578435/>
- GALLAHUE, David L. a John C. OZMUN, 1995. *Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults*. 3rd ed. Madison, Wis.: Brown & Benchmark. ISBN 9780697165978.
- GONG, Xun, Fucheng WANG a Wenqing WU, 2021. Classification of Tennis Video Types Based on Machine Learning Technology. *Wireless Communications and Mobile Computing* [online]. **2021**, 1-11 [cit. 2021-07-17]. ISSN 1530-8677. Dostupné z: [doi:10.1155/2021/2055703](https://doi.org/10.1155/2021/2055703)
- GROPPEL, Jack L., 1986. *Tennis for Advanced players: and those who would like to be*. 1. Human Kinetics. ISBN 978-0873220729.
- HAMMOND, J. a C. SMITH, 2006. Low compression tennis balls and skill development. *Journal of sports science & medicine* [online]. **5**(4), 575–581 [cit. 2021-07-04]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3861758/>
- HARDY, Louise L., Lesley KING, Louise FARRELL, Rona MACNIVEN a Sarah HOWLETT, 2010. Fundamental movement skills among Australian preschool children. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. **13**(5), 503-508 [cit. 2021-02-12]. ISSN 14402440. Dostupné z: [doi:10.1016/j.jsams.2009.05.010](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.05.010)
- HAY, J.G. a J.G. REID, 1982. *The Anatomical and Mechanical Bases of Human Motion*. 2. Engelwood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. ISBN 9780130351395.
- HAY, J.G. a J.G. REID, 1988. *Anatomy, Mechanics, and Human Motion*. 2nd. Engelwood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. ISBN 9780130352132.
- HENNEMAN, Elwood, George SOMJEN a David O. CARPENTER, 1965. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *Journal of Neurophysiology* [online]. **28**(3), 560-580 [cit. 2021-02-09]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: [doi:10.1152/jn.1965.28.3.560](https://doi.org/10.1152/jn.1965.28.3.560)
- HIRASHIMA, Masaya, Katsu YAMANE, Yoshihiko NAKAMURA a Tatsuyuki OHTSUKI, 2008. Kinetic chain of overarm throwing in terms of joint rotations revealed by induced acceleration analysis. *Journal of Biomechanics* [online]. **41**(13), 2874-2883 [cit. 2021-07-14]. ISSN 00219290. Dostupné z: [doi:10.1016/j.jbiomech.2008.06.014](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.06.014)

- HORAK, Fay, Gammon EARHART a Volker DIETZ, 2001. Postural responses to combinations of head and body displacements: vestibular-somatosensory interactions. *Experimental Brain Research* [online]. **141**(3), 410-414 [cit. 2021-02-10]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-001-0915-6
- CHOPPIN, Simon, Simon GOODWILL a Steve HAAKE, 2011. Impact characteristics of the ball and racket during play at the Wimbledon qualifying tournament. *Sports Engineering* [online]. **13**(4), 163-170 [cit. 2021-07-14]. ISSN 1369-7072. Dostupné z: doi:10.1007/s12283-011-0062-7
- CHOW, J.W., J-h SHIM a Y-t LIM, 2003. Lower trunk muscle activity during the tennis serve. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. **6**(4), 512-518 [cit. 2021-07-01]. ISSN 14402440. Dostupné z: doi:10.1016/S1440-2440(03)80276-1
- IINO, Y. a T. KOJIMA, 2001. Torque acting on the pelvis about its superior-inferior axis through the hip joints during a tennis forehand stroke. *Journal of Human Movement Studies* [online]. **40**, 269-290 [cit. 2021-07-11]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/292288536\\_Torque\\_acting\\_on\\_the\\_pelvis\\_about\\_its\\_superior-inferior\\_axis\\_through\\_the\\_hip\\_joints\\_during\\_a\\_tennis\\_forehand\\_stroke](https://www.researchgate.net/publication/292288536_Torque_acting_on_the_pelvis_about_its_superior-inferior_axis_through_the_hip_joints_during_a_tennis_forehand_stroke)
- JAMES, Roger a Janet S. DUFEK, 2014. Performance Excellence Movement Observation: What to Watch ... and Why. *Strategies* [online]. **7**(2), 17-19 [cit. 2021-07-17]. ISSN 0892-4562. Dostupné z: doi:10.1080/08924562.1993.11000276
- KEANEY, Eliza M. a Machar REID, 2020. Quantifying hitting activity in tennis with racket sensors: new dawn or false dawn?. *Sports Biomechanics* [online]. **19**(6), 831-839 [cit. 2021-07-26]. ISSN 1476-3141. Dostupné z: doi:10.1080/14763141.2018.1535619
- KING, Mark A., Behzat B. KENTEL a Sean R. MITCHELL, 2012. The effects of ball impact location and grip tightness on the arm, racquet and ball for one-handed tennis backhand groundstrokes. *Journal of Biomechanics* [online]. **45**(6), 1048-1052 [cit. 2021-07-10]. ISSN 00219290. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbiomech.2011.12.028
- KNUDSON, Duane V., 1990. Intrasubject Variability of Upper Extremity Angular Kinematics in the Tennis Forehand Drive. *International Journal of Sport Biomechanics* [online]. **6**(4), 415-421 [cit. 2021-07-03]. ISSN 0740-2082. Dostupné z: doi:10.1123/ijsb.6.4.415
- KNUDSON, Duane V., 2013. *Qualitative Diagnosis of Human Movement: Improving Performance in Sport and Exercise*. 3. Champaign, IL: Human Kinetics. ISBN 9781450421034.
- KOBESOVA, Alena, Pavel DAVIDEK, Craig E. MORRIS et al., 2020. Functional postural-stabilization tests according to Dynamic Neuromuscular Stabilization approach: Proposal of novel examination protocol. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. **24**(3), 84-95 [cit. 2021-07-23]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbmt.2020.01.009

- KOLÁŘ, Pavel, 2009a. *Rehabilitace v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1.
- LANDLINGER, J., S. LINDINGER, T. STÖGGL, H. WAGNER a E. MÜLLER, 2010b. Key factors and timing patterns in the tennis forehand of different skill levels. *Journal of sports science & medicine* [online]. **9**(4), 643-651 [cit. 2021-07-09]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24149792/>
- LANDLINGER, Johannes, Stefan Josef LINDINGER, Thomas STÖGGL, Herbert WAGNER a Erich MÜLLER, 2010a. Kinematic differences of elite and high-performance tennis players in the cross court and down the line forehand. *Sports Biomechanics* [online]. **9**(4), 280-295 [cit. 2021-07-10]. ISSN 1476-3141. Dostupné z: doi:10.1080/14763141.2010.535841
- LARSON, Emma J. a Joshua D. GUGGENHEIMER, 2013. The effects of scaling tennis equipment on the forehand groundstroke performance of children. *Journal of sports science & medicine* [online]. **12**(2), 323-31 [cit. 2021-07-04]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3761839/>
- MUHAMAD, T.A., F. GOLESTANI a M.R.A. RAZAK, 2016. Comparison of Open and Closed Stance Forehand Strokes among Intermediate Tennis Players. *International Journal of Kinesiology and Sports Science* [online]. **4**(1), 26-32 [cit. 2021-07-09]. ISSN 2202946X. Dostupné z: doi:10.7575/aiac.ijkss.v.4n.1p.26
- NESBIT, S.M., M. SERRANO a M. ELZINGA, 2008. The Role of Knee Positioning and Range-of-Motion on the Closed-Stance Forehand Tennis Swing. *Journal of sports science & medicine* [online]. **7**(1), 114-124 [cit. 2021-07-09]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24150143/>
- PHILIPP, J.A. a J.D. WILKERSON, 1990. *Teaching Team Sports: A Coeducational Approach*. 1. Champaign, IL: Human Kinetics Books. ISBN 9780873222594.
- REID, M. a B. ELLIOT, 2002. The one-and two-handed backhands in tennis. *Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports* [online]. **1**, 47-68 [cit. 2021-07-10]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/8974224\\_The\\_one\\_and\\_two-handed\\_backhands\\_in\\_tennis](https://www.researchgate.net/publication/8974224_The_one_and_two-handed_backhands_in_tennis)
- REID, M., B. ELLIOT a M. CRESPO, 2013a. Mechanics and learning practices associated with the tennis forehand: a review. *Journal of Sports Science and Medicine* [online]. **12**(2), 225-231 [cit. 2021-07-03]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24149800/>
- ROBERTON, M.A. a L.E. HALVERSON, 1984. *Developing children: Their changing movement*. 1. Philadelphia: Lea & Febiger.
- ROGOWSKI, Isabelle, David ROUFFET, Frédéric LAMBALOT, Olivier BROSSEAU a Christophe HAUTIER, 2011. Trunk and Upper Limb Muscle Activation During Flat and Topspin Forehand Drives in Young Tennis Players. *Journal of Applied Biomechanics* [online]. **27**(1), 15-21 [cit. 2021-07-09]. ISSN 1065-8483. Dostupné z: doi:10.1123/jab.27.1.15

- ROTA, Samuel, Baptiste MOREL, Damien SABOUL, Isabelle ROGOWSKI a Christophe HAUTIER, 2014. Influence of fatigue on upper limb muscle activity and performance in tennis. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. **24**(1), 90-97 [cit. 2021-07-09]. ISSN 10506411. Dostupné z: doi:10.1016/j.jelekin.2013.10.007
- RUSDIANA, Agus, 2021. Tennis flat forehand drive stroke analysis: three dimensional kinematics movement analysis approach. *Jurnal SPORTIF Jurnal Penelitian Pembelajaran* [online]. **7**(1) [cit. 2021-06-30]. Dostupné z: doi:10.29407/js\_unpgri.v7i1.15760
- SEEFELDT, V., 1980. Developmental motor patterns: Implications for elementary school physical education. NADEAU, C., W. HOLLIWELL, K NEWELL a G. ROBERTS. *Psychology of motor behavior and sport*. 1. Champaign: Human Kinetics, s. 314-323. ISBN 978-0931250163.
- SCHÖNBORN, Richard, 2006. *Moderní výuka tenisové techniky*. 1. Hrubý Ladislav. ISBN 978-3-89124-427-2.
- SCHÖNBORN, Richard, 2008. *Optimální tenisový trénink: Cesta k úspěšnému tenisu od začátečníka ke světové špičce*. 1. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 3-938509-11-2.
- SKALIČKOVÁ-KOVÁČIKOVÁ, Věra, 2017. *Diagnostika a fyzioterapie hybných poruch dle Vojty*. První vydání. Olomouc: RL-CORPUS, s.r.o. ISBN 978-80-270-2292-2.
- SPAETH, Ree K., 2013. Maximizing Goal Attainment. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation* [online]. **43**(3), 337-361 [cit. 2021-02-12]. ISSN 1067-1188. Dostupné z: doi:10.1080/10671188.1972.10615145
- ŠVEJCAR, Pavel a Martin ŠŤASTNÝ, 2013. *Moderní fyziotrénink*. 1. Praha: Plot. ISBN 978-80-7428-183-9.
- TAKAHASHI, K, ELLIOTT, BRUCE a G NOFFAL, 1996. The role of upper limb segment rotations in the development of spin in the tennis forehand. *Australian journal of science and medicine in sport* [online]. **28**, 106-113 [cit. 2021-07-01]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/14169891\\_The\\_role\\_of\\_upper\\_limb\\_segment\\_rotations\\_in\\_the\\_development\\_of\\_spin\\_in\\_the\\_tennis\\_forehand](https://www.researchgate.net/publication/14169891_The_role_of_upper_limb_segment_rotations_in_the_development_of_spin_in_the_tennis_forehand)
- WICKSTORM, R.L., 1983. *Fundamental Motor Patterns*. 3. Philadelphia: Lea & Febiger. ISBN 9780783715025.