SVEUČILIŠTE U SPLITU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET
DOKTORSKI STUDIJ KINEZIOLOGIJE

GORAN JELASKA

RAZVOJ, POUZDANOST I DISKRIMINATIVNA VALJANOST TESTOVA ZA PREDIKCIJU USPJEŠNOSTI MLADIH SPORTAŠA U OLIMPIJSKIM SPORTOVIMA S REKETOM

DOKTORSKI RAD

Split, 2026.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET
DOKTORSKI STUDIJ KINEZIOLOGIJE

GORAN JELASKA

RAZVOJ, POUZDANOST I DISKRIMINATIVNA VALJANOST TESTOVA ZA PREDIKCIJU USPJEŠNOSTI MLADIH SPORTAŠA U OLIMPIJSKIM SPORTOVIMA S REKETOM

DOKTORSKI RAD

Mentor:
Izv. prof. dr. Goran Munivrana

Sumentor:
Prof. dr. sc. Mladen Hraste

Split, 2026.

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF KINESIOLOGY
DOCTORAL PROGRAMME IN KINESIOLOGY

GORAN JELASKA

DEVELOPMENT, RELIABILITY AND DISCRIMINATIVE VALIDITY OF TESTS FOR PREDICTING THE PERFORMANCE OF YOUNG ATHLETES IN OLYMPIC RACKET SPORTS

DOCTORAL THESIS

Supervisor:
Associate professor, Goran Munivrana, PhD

Co-supervisor:
Full professor, Mladen Hraste, PhD

Split, 2026

ZAHVALE

Ovim putem želim izraziti zahvalnost svim profesorima doktorskog studija i djelatnicima Kineziološkog fakulteta u Splitu koji su doprinijeli mom akademskom razvoju i izradi ovog rada.

Veliku i iskrenu zahvalnost upućujem mentorima, izv. prof. dr. sc. Goranu Munivrani te prof. dr. sc. Mladenu Hrasti na kontinuiranom vodstvu i nesebičnoj pomoći.

Najveću zahvalnost dugujem supruzi Barbari. Bez nje ovaj rad ne bi bio moguć.

ŽIVOTOPIS MENTORA

Predstojnik Katedre za za monostrukturalne i polistrukturalne aktivnosti

Rođen je 1977. godine u Splitu. Osnovnu školu i Opću gimnaziju "Marko Marulić" završava u Splitu 1995. Diplomirao je 2001. na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih znanosti i kineziologije Sveučilišta u Splitu, a doktorirao 2011. na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Na radno mjesto docenta zaposlen je 2016, a izvanrednog profesora 2021.

Samostalno ili u koautorstvu je objavio je više od trideset radova u međunarodnim publikacijama citiranim u referentnim bazama podataka.

Nositelj je kolegija „*Olimpijski reketni sportovi*" te suradnik na više različitih kolegija iz teorije i metodike treninga te organizacije sustava sporta. Član je više međunarodnih znanstvenih i stručnih udruženja kojima je cilj razvoj i promocija olimpijskih sportova sa reketom. U sklopu preddiplomskog stručnog studija kineziologije obnašao je dužnost menadžera i voditelja međunarodnog studijskog programa za trenere stolnog tenisa.

Oženjen je i otac dvoje djece.

SAŽETAK

Znanstvena istraživanja u području kineziologije sve se više usmjeravaju na razumijevanje uloge agilnosti i perceptivno-motoričkih vještina u identifikaciji i razvoju mladih sportskih talenata. Tri provedene studije, međusobno dubinski povezane, iako svaka s fokusom na različiti sport (tenis, badminton i stolni tenis) pružaju sveobuhvatan uvid u metrijske karakteristike ali i mogućnosti i ograničenja testiranja ovih sposobnosti u razlikovanju mladih sportaša prema njihovoj natjecateljskoj uspješnosti. Prva studija, provedena na uzorku od trideset i troje mladih tenisača (21 dječak i 12 djevojčica, prosječne dobi 11,05 ± 0,59 godina) koji su se natjecali na nacionalnoj razini u kategoriji U12, imala je za cilj usporediti različite generičke i tenis-specifične testove agilnosti. Sudionici su podijeljeni u tri različite kvalitativne kategorije performansi (visoka, prosječna i niska razina natjecateljske uspješnosti). Rezultati su pokazali izuzetno visoku intra-subjektnu i inter-subjektnu pouzdanost za sve korištene testove agilnosti (Cronbach alfa 0,87-0,97; ICC 0,83-0,94). Nadalje, faktorska analiza potvrdila je konstruktnu valjanost korištene baterije testova, budući da je izdvojena značajna latentna dimenzija na koju su se svi testovi ravnomjerno projicirali. Korištenjem ANOVA-e za nezavisne uzorke identificiralo se da rezultati različitih testova agilnosti mogu uspješno razlikovati mlade tenisače prema njihovoj natjecateljskoj uspješnosti. Igrači koji su pripadali višoj razini uspješnosti postigli su bolje rezultate u svim korištenim testovima agilnosti. Međutim, značajne razlike zabilježene su prvenstveno između grupa s visokom i niskom razinom uspješnosti u svim testovima, te dodatno između grupa s prosječnom i niskom razinom uspješnosti u tri tenis-specifična testa agilnosti ($p < 0,05$). Ovi nalazi ukazuju na potencijal testova agilnosti u razlikovanju mladih tenisača različite kvalitete, neovisno o vrsti korištenog testa. Nadovezujući se na ove spoznaje, druga studija usmjerila se na razvoj specifičnog instrumenta za badminton. Glavni cilj bio je konstruirati pouzdan i ekološki valjan test reaktivne agilnosti specifičan za badminton koji bi istraživačima i praktičarima pružio jednostavan alat za procjenu motoričkih i kognitivnih aspekata izvedbe agilnosti. Uzorak od 41 mladog badmintonskog igrača (dobi 15,72 ± 1,11 godina) različitih razina uspješnosti (visoka N=12, prosječna N=14, niska N=15) podvrgnut je novorazvijenom badminton-specifičnom testu reaktivne agilnosti (BSA"RAT") i četiri već postojeća testa koji su se prethodno pokazali pouzdanima i valjanima u badmintonskoj praksi.

Novokonstruirani test pokazao je vrlo visoku unutarnju konzistentnost između pokušaja (Cronbachov alfa $\alpha = 0,97$) i visoku ponovljivost rezultata (ICC = 0,877). Faktorska analiza pokazala je visoku korelaciju s istom latentnom dimenzijom izdvojenom iz generičkih i badminton-specifičnih testova agilnosti (koeficijent faktorske strukture = -0,94), što jasno ukazuje na adekvatnu konstruktnu valjanost. ANOVA-om za nezavisne uzorke identificiran je značajan glavni efekt za razinu izvedbe ($p < 0,001$; $\eta_p^2 = 0,29$). Post-hoc analiza s Bonferronijevom korekcijom pokazala je značajne razlike između grupa visoke i niske razine izvedbe, konzistentno za sve testove u bateriji. Zaključno, BSA"RAT" se pokazao kao pouzdan, ekološki valjan i jednostavan za korištenje, test specifičan za badminton s potencijalom da postane izvedivija i praktičnija alternativa postojećim testovima reaktivne agilnosti. Nastavno na ove dvije studije, treća studija, provedena na uzorku od 82 vrhunska europska mlada stolnotenisača (dobi 11,8 ± 0,67 godina; 50 dječaka, 32 djevojčice), donosi drugačiju perspektivu. Istraživanje je imalo za cilj ispitati diskriminiraju li testovi perceptivno-motoričkih vještina i općih motoričkih sposobnosti, izmjereni u mladoj dobi (U13), mlade stolnotenisače koji kasnije postižu različite razine natjecateljske uspješnosti na Europskim prvenstvima za mlade (2017.-2026.). Sudionici su kategorizirani u visoko (n=26), prosječno (n=28) i nisko (n=28) uspješne na temelju njihovih kasnijih rezultata u pojedinačnoj konkurenciji. Baterija testova procjenjivala je perceptivno-motoričke vještine (koordinaciju oka i ruke, agilnost s lopticom) i opće motoričke sposobnosti (brzinu promjene smjera, aerobni kapacitet, snagu i izdržljivost gornjeg dijela tijela, eksplozivnu snagu nogu i fleksibilnost). ANCOVA analize provedene su s grupom uspješnosti i spolom kao fiksnim faktorima te dobi na testiranju kao kovarijatom. Nakon prilagodbe za spol i dob, nisu pronađeni značajni učinci skupine uspješnosti za teorijski središnje ishode testova, uključujući koordinaciju oka i ruke, agilnost s lopticom, brzinu promjene smjera i skok u dalj iz mjesta. Intervalni shuttle-run test bio je jedini koji je pokazao značajan učinak (p=0,024), ali taj učinak nije ostao značajan uz HC3-robusnu inferenciju (p=0,065).

Sve tri studije zajedno pružaju iznimno važan uvid u kompleksne procjene motoričkih i perceptivnih sposobnosti u različitim sportskim kontekstima. Dok prve dvije studije ukazuju na značajan potencijal testova agilnosti u razlikovanju mladih sportaša prema njihovoj natjecateljskoj uspješnosti, posebno u tenisu i badmintonu, treća studija upozorava da u visoko homogenim i već selekcioniranim populacijama vrhunskih

mladih sportaša, ovi testovi mogu imati ograničenu diskriminativnu vrijednost. Ovi nalazi ne umanjuju praktičnu vrijednost takvih procjena; njihova uloga može biti jasnija u širim kontekstima otkrivanja talenata, identifikacije talenata i razvoja talenata. Zajednički rezultati istraživanja naglašavaju važnost kontekstualiziranog pristupa testiranju, gdje se valjanost i korisnost testova moraju promatrati u odnosu na specifične zahtjeve sporta, razvojnu dob sportaša i razinu već postojeće selekcije unutar populacije. Ova spoznaja ima značajne implikacije za trenere, znanstvenike i sportske praktičare u osmišljavanju učinkovitih strategija za identifikaciju i razvoj sportskih talenata.

Ključne riječi: *tenis, stolni tenis, badminton, natjecateljska uspješnost*

ABSTRACT

Scientific research in the field of kinesiology is increasingly focusing on understanding the role of agility and perceptual-motor skills in the identification and development of young sports talents. Three conducted studies, deeply interconnected with one another, although each focusing on a different sport (tennis, badminton, and table tennis), provide comprehensive insight into the metric characteristics as well as the possibilities and limitations of testing these abilities in differentiating young athletes according to their competitive performance. The first study, conducted on a sample of thirty-three young tennis players (21 boys and 12 girls, mean age 11.05 ± 0.59 years) who competed at the national level in the U12 category, aimed to compare different generic and tennis-specific agility tests. Participants were divided into three different qualitative performance categories (high, average, and low level of competitive performance). The results showed extremely high intra-subject and inter-subject reliability for all used agility tests (Cronbach's alpha 0.87–0.97; ICC 0.83–0.94). Furthermore, factor analysis confirmed the construct validity of the used test battery, as a significant latent dimension was extracted onto which all tests were uniformly projected. Using ANOVA for independent samples, it was identified that the results of different agility tests can successfully differentiate young tennis players according to their competitive performance. Players who belonged to the higher performance level achieved better results in all used agility tests. However, significant differences were recorded primarily between groups with high and low performance levels in all tests, and additionally between groups with average and low performance levels in three tennis-specific agility tests ($p < 0.05$). These findings indicate the potential of agility tests in differentiating young tennis players of different qualities, regardless of the type of test used. Building on these insights, the second study focused on developing a specific instrument for badminton. The main goal was to construct a reliable and ecologically valid reactive agility test specific to badminton that would provide researchers and practitioners with a simple tool for assessing the motor and cognitive aspects of agility performance. A sample of 41 young badminton players (age 15.72 ± 1.11 years) of different performance levels (high N=12, average N=14, low N=15) was subjected to the newly developed badminton-specific reactive agility test (BSA"RAT") and four existing tests that had previously proven reliable and valid in badminton practice. The newly constructed test showed very high internal consistency between

attempts (Cronbach's alpha $\alpha = 0.97$) and high repeatability of results (ICC = 0.877). Factor analysis showed a high correlation with the same latent dimension extracted from generic and badminton-specific agility tests (factor structure coefficient = -0.94), clearly indicating adequate construct validity. ANOVA for independent samples identified a significant main effect for performance level ($p < 0.001$; $\eta_p^2 = 0.29$). Post-hoc analysis with Bonferroni correction showed significant differences between groups of high and low performance levels, consistent for all tests in the battery. In conclusion, BSA"RAT" proved to be a reliable, ecologically valid, and easy-to-use badminton-specific test with the potential to become a more feasible and practical alternative to existing reactive agility tests. Continuing from these two studies, the third study, conducted on a sample of 82 elite young European table tennis players (age 11.8 ± 0.67 years; 50 boys, 32 girls), brings a different perspective. The research aimed to examine whether tests of perceptual-motor skills and general motor abilities, measured at a young age (U13), differentiate young table tennis players who later achieve different levels of competitive performance at the European Youth Championships (2017–2026). Participants were categorized into highly (n=26), averagely (n=28), and poorly (n=28) successful based on their later results in individual competition. The test battery assessed perceptual-motor skills (eye-hand coordination, agility with a ball) and general motor abilities (change-of-direction speed, aerobic capacity, upper body strength and endurance, explosive leg power, and flexibility). ANCOVA analyses were conducted with performance group and gender as fixed factors and age at testing as a covariate. After adjustment for gender and age at testing, no significant effects of performance group were found for the theoretically central test outcomes, including eye-hand coordination, agility with a ball, change-of-direction speed, and standing long jump. The interval shuttle-run test was the only one to show a significant effect (p=0.024), but this effect did not remain significant with HC3-robust inference (p=0.065).

All three studies together provide extremely important insight into the complex assessments of motor and perceptual abilities in different sports contexts. While the first two studies indicate significant potential of agility tests in differentiating young athletes according to their competitive performance, particularly in tennis and badminton, the third study warns that in highly homogeneous and already selected populations of elite young athletes, these tests may have limited discriminative value. These findings do not diminish the practical value of such assessments; their role may be clearer in broader

contexts of talent detection, talent identification, and talent development. Collectively, the research results emphasize the importance of a contextualized approach to testing, where the validity and usefulness of tests must be viewed in relation to the specific demands of the sport, the developmental age of the athlete, and the level of existing selection within the population. This insight has significant implications for coaches, scientists, and sports practitioners in designing effective strategies for the identification and development of sports talents.

Keywords: *tennis, table tennis, badminton, competitive performance*

1 SADRŽAJ

2 OSNOVNA STRUKTURA DOKTORSKOG RADA 13

3 UVOD 14

3.1 Dosadašnja istraživanja 16

3.2 Dosadašnja istraživanja u drugim sportovima 19

4 IZVORNI ZNANSTVENI RADOVI 24

4.1 **Izvorni znanstveni rad 1:** Diskriminativna valjanost testova agilnosti s obzirom na razinu uspješnosti kod mladih tenisača 24

4.1.1 Sažetak i ključne riječi 25

4.1.2 Uvod 25

4.1.3 Metode rada 27

4.1.4 Rezultati 35

4.1.5 Rasprava 39

4.1.6 Zaključak 44

4.2 **Izvorni znanstveni rad 2**: Razvoj, pouzdanost i diskriminativna valjanost obzirom na razinu uspješnosti, novog badminton-specifičnog testa reaktivne agilnosti 45

4.2.1 Sažetak i ključne riječi 46

4.2.2 Uvod 47

4.2.3 Metode rada 49

4.2.4 Rezultati 54

4.2.5 Rasprava 56

4.2.6 Zaključak 59

4.3 **Izvorni znanstveni rad 3:** Ograničena diskriminativna vrijednost testova perceptivno-motoričkih vještina i općih motoričkih sposobnosti za kasniju razinu natjecateljske uspješnosti u vrhunskih mladih stolnotenisača 60

4.3.1 Sažetak i ključne riječi 60

4.3.2 Uvod 61

4.3.3 Metode rada 64

4.3.4 Rezultati 70

4.3.5 Rasprava 73

4.3.6 Zaključak 77

5 GENERALNI ZAKLJUČAK 79

6 LITERATURA 81

7 ŽIVOTOPIS DOKTORANDA 97

2 OSNOVNA STRUKTURA DOKTORSKOG RADA

Ovaj doktorski rad sastavljen je od tri međusobno povezana znanstvena istraživanja formalizirana putem tri znanstvena rada.

Izvorni znanstveni rad 1:

1. Munivrana, G.; Jelaska, G.; Tomljanović, M. (2025). Performance level discriminative validity of agility tests in youth tennis players. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1486777, 12. doi: 10.3389/fspor.2025.1486777.

Napomena: Autori Munivrana Goran i Jelaska Goran su jednako doprinijeli ovom istraživanju te dijele prvo autorstvo.

Izvorni znanstveni rad 2:

2. Jelaska, G.; Martinent, G.; Yaodong, G.; Faber, I.; Munivrana, G. (2026). Development, reliability and performance level discriminative validity of a new badminton-specific reactive agility test. *Acta Kinesiologica*, *20*(2); 69-77. doi: 10.51371/issn.1840-2976.644

Izvorni znanstveni rad 3:

3. Faber, I.; Jelaska, G.; Munivrana, G. (2026). Limited discriminative value of perceptuomotor skills and general motor ability tests for subsequent competitive performance levels in elite youth table tennis (2026). *Journal of Sport Science and Medicine*, Prihvaćen za objavljivanje.

3 UVOD

Olimpijski sportovi s reketom, kao što su tenis, badminton te stolni tenis predstavljaju jednu od najdinamičnijih, a s aspekta kineziološke analize i najzahtjevnijih kategorija u sportskoj znanosti (Edel i sur., 2019). U profesionalnom ali i amaterskom i tenisu, badmintonu te stolnom tenisu za uspješnost je nužna ne samo fizička spremnost, već i visoka razina kognitivnih, emocionalnih i psiholoških sposobnosti (Skidelsky, 2023; Robertson i sur., 2018). Sa ciljem njihovog daljnjeg razvoja bitno je razvijati, konstruirati ali i ispitivati metrijske karakteristike testova koji determiniraju njihovu uspješnost. Prije samog razvoja i konstrukcije testova za ispitivanje bilo koje dimenzije morfološkog i motoričkog statusa, kako kod olimpijskih sportova s reketom tako i kod drugih sportova nužno je putem kineziološke analize identificirati ključne varijable odnosno dimenzije koje utječu na performanse sportaša (Abernethy, 1988). Uz standardne varijable motoričkog statusa zasigurno je nužno uzeti u obzir i specifične varijable poput brzine reakcije, strateškog razmišljanja, emocionalne stabilnosti te motivacije (Faber i sur., 2016). Budući da svaki od navedenih faktora ima potencijal statistički značajno utjecati na ishod meča, posebno na visokim razinama natjecanja, dobiva se čitav spektar mogućih budućih znanstvenih istraživanja u domeni olimpijskih sportova sa reketom. Razvoj, konstrukcija te ispitivanje metrijskih karakteristika te protokoli standardizacije mjernih instrumenata, omogućuje ekspertnim trenerima te kineziolozima kvantificiranje ovih faktora te u konačnici analizu njihovog utjecaja na performanse (Aguilar i Petrakis, 1989; Özdemir, Odabaş i Turan, 2019). Tako je primjerice, u badmintonu, poznato da je brzina reakcije i sposobnost anticipacije protivnikovih poteza jedna od statistički najznačajnih, a znanstveno identificiranih determinanti uspješnosti (Phomosoupha i Laffaye, 2015; Primo, Gutiérrez-Suárez i Gómez, 2019; Ihsan, Nasrulloh i Nugroho, 2024). Stoga je jasno da će razvoj pouzdanih i valjanih mjernih instrumenata koji mogu mjeriti sposobnosti od primarnog interesa, omogućiti ekspertnim trenerima i kineziolozima mogućnost identificiranja područja za moguće poboljšanje situacijske učinkovitosti sportaša (McAfee, 2009). U stolnom tenisu, gdje su brzina i preciznost od presudnog značaja, prikladno odabrane baterije testova mogu dati ključne smjernice koje su nužne za procjenu sposobnosti igrača da

održava mentalnu stabilnost pod pritiskom u stvarnim situacijama (Martinent i sur., 2018; Siener i Hohmann, 2019).

Razvoj, konstrukcija i ispitivanje metrijskih karakteristika mjernih instrumenata kako za druge sportove tako i za olimpijske sportove s reketom, zahtijeva strogi i metodološki precizan znanstveni pristup (Crothers, 1992; Huera-Huarte, 2014). U tom kontekstu prioritetno je egzaktno specificiranje i definiranje ciljeva ali i hipotetskih (latentnih) konstrukata koji se žele mjeriti. Nakon toga potrebno je sustavno razviti zadatke ili pitanja koji će, što je moguće preciznije, ekološki valjano, simulirati te konstrukte (Aguilar i Petrakis, 1989; Lah i Zhang, 2002). Pritom je važno uključiti kineziologe i eksperte iz struke sa ciljem osiguranja apriorne valjanosti ali i pouzdanosti mjernih instrumenta. Konkretno, za mjerenje složenog koncepta kao što je emocionalna stabilnost u tenisu, može se konstruirati upitnik kojim se može ispitati kako tenisači reagiraju na stresne situacije (Yin, 2022; Sigh i sur, 2022). Upitnik tog tipa nužno treba biti prilagođen sportsko-specifičnim zahtjevima tenisa, naročito treba uzeti u obzir činjenicu da su olimpijski sportovi s reketom, a posebno tenis, individualni sport kod kojeg je za dugoročan uspjeh nužan visoki stupanj mentalne izdržljivosti (Shalar, Strikalenko i Ivaschenko, 2013). S ciljem osiguranja primjenjivosti, razvoj i konstrukcija takvih alata nužno zahtijeva suradnju između kineziologa, psihologa, teniskih trenera ali i samih sportaša (Pacharoni, 2014; Buekers i sur., 2017). Primjenjivanjem novokonstruiranih testova u stolnom tenisu se pokazalo da stolnotenisači s visokim stupnjem motivacije i izraženom sposobnošću brzog oporavka od neuspjeha imaju veće šanse za uspjeh na međunarodnim natjecanjima (Martinent i sur., 2014). Trenerima ovi podaci mogu poslužiti kao temelj razvoju specifičnih programa treninga kojima se može fokusirati na dodatno jačanje mentalne izdržljivosti i same emocionalne stabilnosti (Chu, Zhang i Thung, 2018).

U konačnici možemo tvrditi da su postupci konstruiranja novih testova te ispitivanja metrijskih karakteristika istih, ključni za evaluaciju učinkovitosti ali i za daljnje planiranje i programiranje odnosno, vrlo važni u teoretskom ali i praktičnom razvoju sportova (Robertson i sur., 2018). Prvo se načelno provodi pilot studija, te se iterativno analiziraju podaci i temeljem istih revidiraju alati kako bi se osigurali razni aspekti valjanosti i pouzdanosti. Sam razvoj, konstrukcija i ispitivanje psihometrijskih karakteristika novokonstruiranih testova kod svih sportova, tako i kod olimpijskih

sportova s reketom, ključni su za njihovo dubinsko razumijevanje ali i daljnji napredak (McAfee, 2009). Kroz razumijevanje čimbenika koji utječu na situacijsku izvedbu, kineziolozi te sportski stručnjaci mogu razviti vrhunske alate, koji će pomoći sportašima da postignu svoj puni potencijal. Osim toga, potvrđene metrijske karakteristike kao što su pouzdanost i valjanost doprinose objektivnijem ocjenjivanju sportaša, a čime se i dodatno osigurava integritet samih sportova.

3.1 Dosadašnja istraživanja

Kako je i prije rečeno, sportovi s reketom, poput tenisa, stolnog tenisa i badmintona zahtijevaju specifične kondicijske, motoričke i kognitivne sposobnosti koje uključuju brzinu, agilnost, eksplozivnost i koordinaciju (Jansen i sur., 2021). Stoga su znanstvena istraživanja olimpijskih sportova s reketom često fokusirana na identifikaciju determinanti uspješnosti (Munivrana, Filipčić, Filipčić, 2015; Ulbricht i sur., 2016; Starzak i sur., 2024). Ipak, istaknuta problematika je da postojeći dijagnostički alati često nisu adekvatno prilagođeni specifičnostima ovih sportova, što otežava točnu evaluaciju performansi mladih sportaša i njihovu identifikaciju kao potencijalnih talenata (Fernandez-Fernandez, Ulbrichti Ferrauti, 2014; Faber i sur., 2018). Istraživanje Deng i sur. (2023), ukazalo je na značaj specifičnih trenažnih programa za procjenu i unapređenje motoričkih sposobnosti u sportovima s reketom. Autori su naglasili da standardni, odnosno opći testovi ne mogu adekvatno procijenti složene dinamičke pokrete karakteristične za sportove s reketom. Slično, studija Starzaka i sur. (2024) istraživala je strategije usmjeravanja pažnje kod mladih sportaša i istakla potrebu za konstrukcijom dijagnostičkih alata prilagođenih specifičnim zahtjevima sportova s reketom. Pored toga, višedimenzionalni pristupi u dijagnostici talenata su prema Faber i sur. (2021) te Zemková i Hamar (2018), ukazali da kombinacija tehničko-taktičkih i motoričkih testova daje pouzdanije rezultate u identifikaciji sportaša s potencijalom za vrhunski nivo takmičenja.

Općenito promatrano, kako sportove s reketom ali i van uske sportsko-specifične domene sportova s reketom, istraživanja ukazuju na diskriminacijski potencijal sportsko-specifičnih testova u kontekstu igračke kvalitete, za razliku od generičkih testova koji ne ukazuju na postojanje statistički značajnih razlika kod igrača različite kvalitete (Sekulić i sur., 2017; Chaabene i sur., 2018; Jansen i sur., 2012a, 2021b). U

skladu s tim, istraživanje Nijenhuis i sur. (2024) također je analiziralo višedimenzionalni i longitudinalni pristup identifikaciji talenata u sportovima s reketom i zaključilo da je potrebna dublja integracija sportsko-specifičnih testova u korištene dijagnostičke procedure i alate. Navedeni izazovi ukazuju na potrebu za razvojem i validacijom novih sportsko-specifičnih testova prilagođenih potrebama identifikacije talenata i dijagnostike stanja sportaša u sportovima s reketom (Madsen, Karlsen, Nybo 2015). Ovi alati ne samo da bi omogućili precizniju procjenu trenutnog stanja, već bi pomogli i u planiranju i implementaciji programa za razvoj talenata.

Sportovi s reketom smatraju se ponajbržim sportovima u smislu brzine odvijanja igre (Abernethy, 1991; Lees, 2003). Igrači koji žele biti uspješni u sportovima s reketom moraju razviti izvanrednu motoričku kontrolu, uključujući koordinaciju u perceptuo-motoričkim vještinama za kontrolu lopte tijekom servisa i igre (Girard & Millet, 2009; Limoochi, 2006). Štoviše, od igrača se zahtijeva da budu u stanju brzo reagirati na uvjete koji se stalno mijenjaju, a koji su uvjetovani velikom raznolikošću leta i rotacije (nadolazeće) loptice/projektila, što među ostalim ovisi i o stilu igre protivnika i uvjetima okoline (Abernethy, 1991; Ak & Koçak, 2010; Akpinar, Devrilmes i Kirazci, 2012; Bastieans, 2006; Kovacs, 2007; Sève, Saury, Theureau i Durand, 2002). Dodatno, moraju naučiti ovladati izvanrednim taktičkim vještinama i nositi se s fizičkim zahtjevima igre u sportovima s reketom, koji su na natjecateljskoj razini tih sportova znatni (Kondrič, Zagatto i Sekulić, 2013; Lees, 2003; Raab, Masters i Maxwell, 2005).

Važno je istaknuti da različite motoričke sposobnosti predstavljaju stoga važan dio jednadžbe specifikacije u sportovima s reketom. Motoričke sposobnosti, kao što su koordinacija, eksplozivna snaga, brzina i agilnost od iznimnog su značaja za uspjeh u svim sportovima s reketom, jer tijekom poena igrači moraju naglo ubrzavati, usporavati i mijenjati pravac kretanja (Jansen i sur., 2021; Munivrana, Jelaska, Tomljanović, 2022). Uzmimo agilnost, u kojoj se sažima mnogo drugih motoričkih sposobnosti, tradicionalno je definirana kao „sposobnost brze i točne promjene smjera“ (Clarke, 1959; Johnson & Nelson, 1969; Barrow & Mcgee, 1971; Mathews, 1973; Lloyd, Ackland and Cocharn, 1994, etc.). Međutim, takva definicija ne uzima u obzir činjenicu da je većina promjena smjera u sportu napravljena kao odgovor na sportsko-specifičan podražaj. Stoga su Sheppard i Young (2006), definirali agilnost kao „*brzo kretanje cijelog tijela s promjenom brzine ili smjera kao odgovor na vanjski podražaj*“. Ovakva definicija zasigurno puno bolje predstavlja prirodu agilnosti s kojom se igrači suočavaju

tijekom poena u sportovima s reketom, jer u igri moraju ubrzavati, usporavati i mijenjati smjer kretanja kao odgovor na podražaj, kao što su projektil/loptica i/ili kretanje protivničkog igrača. S druge strane, informacije koje igrači primaju prikupljaju se prvenstveno vizualnim signalom nadolazeće loptice od strane protivnika, dok su pokreti igrača višesmjerni i ovise o brzini, smjeru, rotaciji i putanji loptice (Munivrana i sur. 2022). Da bi uspješno vratili lopticu, igrači ne samo da moraju provoditi brze sportsko-specifične kretnje, već prvo moraju pravilno reagirati na predstavljeni podražaj (Jansen i sur., 2021).

Očito je da se u sportovima s reketom, kao interaktivnim sportskim igrama, pojedine motoričke sposobnosti poput agilnost ne mogu smatrati čisto fizičkim sposobnostima (Hojka et al., 2016). U sportovima s reketom proces odgovaranja na postupke protivnika tijekom poena uključuje i kombinira, ne samo fizičke, već i kognitivne i tehničke vještine (Young, Dawson i Henry, 2015). Stoga je razumno pretpostaviti da bi procjena pojedinih motoričkih sposobnosti u uvjetima specifičnima za sport, uvijek trebala pružiti najsvrsishodniji profil istih, osobito u sportskim igrama (Zemkova i Hamar, 2013;2014). Unatoč tome, iako su specifični motorički testovi koji uključuju sportsko-specifičan podražaj često pouzdanija i bolja metoda testiranja pojedinih motoričkih sposobnosti od općih generičkih testova, različite motoričke sposobnosti se i dalje uglavnom testira koristeći generičke testove, bez da se ispitanike stavi u situaciju da reagiraju na sportsko-specifični podražaj (Inglis i Bird, 2016; Huggins i sur., 2017).

S obzirom na sve navedeno, logično je pretpostaviti da bi pojedine motoričke sposobnosti, poput agilnosti, trebale što je moguće više oponašati stvarne situacije u igri (npr. odgovor na vanjski podražaj, uključivanje specifične opreme/reketa, korištenje specifičnih obrazaca kretanje itd.). Potrebno je istaknuti da u olimpijskim sportovima s reketom validirani i pouzdani sportsko-specifični testovi koji uključuju odgovor na vanjski podražaj još su uvijek relativno rijetki (Faber i sur., 2015). U badmintonu se od sportsko-specifičnih testova s dokazanim metrijskim karakteristikama ističu „Badminton Speed Test“ (BST) (Madsen i sur., 2015) i Badcamp (loureiro i De Freitas, 2016; Loureiro i sur., 2017). Oba koriste uobičajene obrasce kretanja tijekom badmintonskog meča te kognitivnu komponentu specifičnu za badminton u vidu „odgovora na vanjski podražaj“ (Sheppard i Young, 2006; Young i sur., 2015). U tenisu se također, tek u zadnjih desetak godina, počinju javljati sportsko-specifični motorički testovi koji uključuju odgovor na vanjski podražaj i traže uključivanje kognitivne i

tehničke komponente sporta (Ulbricht i sur., 2016; Brechbuhl i sur., 2016; Jansen i sur., 2021; Munivrana i sur., 2022)., a slična je situacija i u stolnom tenisu (Mansec i sur., 2016; Faber i sur., 2018; Chen, Chueh i Hung, 2024).

Potrebno je naglasiti da se valjanost testova odnosi na točnost mjerenja – odnosno, koliko test mjeri ono što je predviđeno. U sportskim istraživanjima razlikuju se tri glavne vrste valjanosti: sadržajna, konstruktna i kriterijska (Garcia & Johnson, 2016). Sadržajna valjanost potvrđuje da test obuhvaća sve relevantne aspekte konstrukta, dok konstruktna valjanost ukazuje na stupanj u kojem mjerni instrument korelira s teoretskim modelima o sportskim performansama (Williams & Thompson, 2016). Kriterijska valjanost je posebno značajna u predikciji uspješnosti jer se oslanja na korelaciju između rezultata testa i stvarnih performansi sportaša. Shodno tome, iako su sportsko-specifični motorički testovi već uspješno korišteni u sportovima s reketom glavni cilj cjelokupnog istraživanja u sklopu projekta doktorske disertacije je osmisliti i razviti nove sportsko-specifične motoričke testove koji će biti praktičniji i lakše primjenjivi u svakodnevnoj trenažnoj praksi i testiranju nego postojeći testovi, te koji za svoju provedbu neće trebati nikakvu posebnu tehničku opremu van one redovno korištene u trenažnom i natjecateljskom procesu.

Razvijanje kvalitetnijih metoda za podršku procesima identifikacije i razvoja talenata može doprinijeti učinkovitijim programima razvoja sportaša u sportovima s reketom. Mladi sportaši koji su izrazito nadareni u pogledu motoričkih sposobnosti u odnosu na drugu djecu u prednosti su, jer lakše i brže svladavaju motoričke sadržaje pojedinog sporta (Ackerman, 2014; Gagne, 2014).

3.2 Dosadašnja istraživanja u drugim sportovima

Kako u olimpijskim sportovima sa reketnim tako i u drugim sportovima predikcija uspješnosti sportaša bitna je za optimizaciju ciljano usmjeravanje treninga, selekciju talenata te dugoročno planiranje. Razvoj specifičnih testova omogućuje kineziolozima, sportskim ekspertima i praktičarima kvantificiranje fizičkih, kognitivnih i psihomotoričkih sposobnosti sportaša, a shodno tome optimizaciju ali i predviđanje samih izvedbi (Buchheit i Laursen, 2013). Unatoč velikom broju dostupnih testova potrebnih za kvantificiranje svih dimenzija antropološkog statusa sportaša i to za sve

sportove, kontinuirani rad na njihovom poboljšavanju zasigurno je dugoročna smjernica znanstvenih istraživanja u kineziologiji, osobito u različitim sportskim disciplinama kao što su nogomet, košarka, atletika, plivanje, biciklizam, veslanje, i drugi (Impellizzeri, Rampininii Marcora, 2012; Collins i Stevens, 2019; Buchheit, 2014; Thomas i Greaves, 2015). Poznato je da u kontekstu predviđanja uspješnosti, sportsko-specifični testovi moraju obuhvatiti uske specifične aspekte poput sportsko-specifične snage, izdržljivosti, brzine, agilnosti te kognitivnih sposobnosti (Stone, Stonei Sands, 2013). Nadalje važno je precizno identificirati baterije relevantnih fizioloških, biomehaničkih i ostalih varijabli koje su na bilo koji način povezane s izvedbama u pojedinim sportovima i možebitno determiniraju uspješnost u istima (Rampinini, Coutts, Castagnai Impellizzeri, 2010).

Primjerice, u nogometu su dominantna znanstvena istraživanja testova koji mjere anaerobne sposobnosti, brzinu promjene smjera, izdržljivost, dok se primjerice u atletici naglasak stavlja na eksplozivnost i aerobnu kondiciju (Buchheit i Gindre, 2011). Tako se u plivanju najčešće testiraju tehnika, brzina i izdržljivost, dok se u američkom nogometu koriste specifični sprint testovi i testovi snage (Anderson i Thomas, 2014). Ovakav interdisciplinarni pristup problematici osigurava da testovi ne mjere samo izolirane fizičke sposobnosti, nego integriraju kompleksne situacijsko-specifične zahtjeve (Collins i Stevens, 2019). Relativno je čest slučaj da interdisciplinarni timovi znanstvenika, sastavljeni od kineziologa, liječnika i drugih surađuju na razvoju i konstrukciji testova kako bi se osiguralo da instrumenti budu primjenjivi u situacijskom kontekstu (Thomas & Greaves, 2015; Taylor & Nevill, 2015). Dodatno, mnoga istraživanja primijenjene kineziologije fokusirana su na primjenjivosti mjernih instrumenata u realnim natjecateljskim uvjetima. (Rampinini et al., 2010; Buchheit, 2014).

Za ispitivanje pouzdanosti testova u primijenjenoj kineziologiji najčešće se primjenjuju tri pristupa: test-retest pouzdanost (engl. *test-retest reliability*), unutarnja konzistentnost (engl. *internal consistency*) i inter-rater pouzdanost (engl. *Inter-rater reliability*) (Anderson & Thomas, 2014; Buchheit & Gindre, 2011). U kontekstu istraživanja sportskih performansi u primijenjenoj kineziologiji, može se pokazati visoka test-retest pouzdanost kada se koriste standardizirani testovi (Anderson & Thomas, 2014; Roberts & Green, 2018; Thompson & Lee, 2016). Pritom, evaluacija pouzdanosti često

uključuje izračun statističkih pokazatelja, poput koeficijenta intraklasne korelacije (ICC) i standardne pogreške mjerenja (SEM) (Taylor & Nevill, 2015). Tako na primjer, istraživanja u košarci jasno ukazuju da testovi koji istovremeno integriraju fizičke i kognitivne komponente imaju vrlo visoku unutarnju konzistentnost, što dodatno naglašava njihovu moguću primjenu u dugoročnom praćenju košarkaša (Taylor & Nevill, 2015; Wilson & Martin, 2017; Smith & Brown, 2019; Brown & Williams, 2014). Istraživanja također ukazuju na nužnost primjenjivanja istih kriterija ocjenjivača tijekom izvođenja testova (Roberts & Green, 2018). Tako primjerice u momčadskim sportovima, naročito u nogometu ali i košarci, testovi izdržljivosti i brzine pokazuju visoku kriterijsku valjanost, obzirom na to da su njihovi rezultati u značajnoj korelaciji s varijablama pokazateljima uspješnosti u natjecateljskom kontekstu (Cooper & Edwards, 2015; Edwards & Miller, 2017).

Brojna istraživanja potvrdila su konstruktnu i kriterijsku valjanost više testova u različitim sportovima. Na primjer u atletici, testovi eksplozivne snage i aerobne sposobnosti pokazuju značajnu korelaciju s uspješnošću, dok se u veslanju uspješnost predviđa pomoću kombiniranih testova snage i izdržljivosti (Miller & Taylor, 2017; Murphy & Rodriguez, 2018). U ragbiju, testovi sprinta i agilnosti se standardno koriste za identifikaciju potencijalnih talenata (Anderson & Thomas, 2014; Roberts & Green, 2018). Recentna znanstvena istraživanja integriraju motoričke, kognitivne i psihološke varijable, a sve sa ciljem omogućavanja što preciznije kineziološke analize, osobito u momčadskim sportskim igrama (Taylor & Nevill, 2015; Wilson & Martin, 2017). Rezultati istraživanja jasno ukazuju na bolju prediktivnu snagu takvih testova, što može biti važno za razvoj individualnih programa treninga ali i dugoročnu sportsku orijentaciju i selekciju (Collins & Stevens, 2019).

Brojna su znanstvena istraživanja o ispitivanju psihometrijskih karakteristika testova za mjerenje raznih dimenzija antropološkog statusa u raznim sportovima, ne samo olimpijskim sa reketom. Tako na primjer, u nogometu testovi koji mjere anaerobnu sposobnost, izdržljivost i agilnost se najčešće primjenjuju za identifikaciju talenata, praćenje performansi tijekom sezone ali i razne modalitete kineziološke analize (Buchheit & Laursen, 2013; Cooper & Edwards, 2015); u košarci: testovi brzine, kognitivne agilnosti i snage korišteni su za predviđanje uspjeha na terenu, s posebnim naglaskom na koordinaciju i vrijeme reakcije (Taylor & Nevill, 2015; Wilson & Martin,

2017); u ragbiju: istraživanja ukazuju da su testovi eksplozivne snage i izdržljivosti vrhunski alati predviđanja performansi ali i uspješnosti (Davis & Wilson, 2013; Campbell & Martin, 2013); u atletici**:** testovi aerobnih sposobnosti, eksplozivne snage te sportsko specifičnih tehnika izvođenja imaju visoku kriterijsku valjanost u predviđanju uspješnosti (Miller & Taylor, 2017); u plivanju: konstruiraju se testovi ispitivanja tehnike, brzine i izdržljivosti, pri čemu se naglašava važnost korištenja standardiziranih testova u praćenju napretka sportaša (Smith & Brown, 2019); u biciklizmu: testovi anaerobnih i aerobnih kapaciteta, zajedno s mjerenjem maksimalne snage omogućuju predviđanje uspješnosti biciklista i to različitim disciplinama, (Brown & Williams, 2014); u veslanju: integrirani testovi koji kombiniraju mjerenje snage, izdržljivosti i tehničke učinkovitosti koriste se za identifikaciju potencijala veslača pa čak i procjenu buduće situacijske učinkovitosti (Williams & Thompson, 2016); u hokeju: testovi brzine, agilnosti i koordinacije primjenjuju se u hokeju kako bi se kvantificirali i kineziološki analizirali ključni aspekti izvedbi na ledu, što naviše doprinosi preciznoj selekciji igrača (Roberts & Green, 2018); u baseballu: razvoj i konstrukcija testova eksplozivne snage, brzine i preciznosti bacanja omogućavaju sustave informacija za kineziološku analizu ali i za predviđanje uspješnosti igrača, a testovi su posebno korisni u identifikaciji talenata u populaciji mlađih igrača (Thompson & Lee, 2016); u američkom nogometu: testovi eksplozivnosti, testovi snage i agilnosti omogućuje preciznu selekciju igrača s visokom prediktivnom vrijednošću za budući natjecateljski uspjeh (Anderson & Thomas, 2014; Roberts & Green, 2018). Dodatno, konstrukcija i ispitivanje metrijskih karakteristika testova je standardno u momčadskim sportovima poput odbojke i rukometa čime se dodatno znanstveno potvrđuje nužnost upotrebe istih, kako u primijenjenoj kineziologiji tako i u širokom spektru disciplina (Garcia & Johnson, 2016; Murphy & Rodriguez, 2018). Interdisciplinarni pristup u razvoju, konstrukciji i ispitivanju metrijskih karakteristika testova omogućuje ne samo preciznu evaluaciju fizičkih karakteristika, nego i integraciju baterija kognitivnih i psiholoških sportsko specifičnih varijabli, što rezultira boljim rezultatima pri kineziološkoj analizi ali i generiranju modela uspješnosti (Collins & Stevens, 2019). Zasigurno razvoj, ispitivanje pouzdanosti, valjanosti i drugih metrijskih karakteristika testova predstavlja temelj suvremene sportske selekcije, orijentacije i planiranja treninga što je okosnica moderne kineziologije. Dakle, zasigurno je da interdisciplinarni pristup, koji integrira kineziološke, fiziološke, biomehaničke i kognitivne aspekte, omogućuje razvoj i širu upotrebu mjernih

instrumenata s visokim stupnjem prediktivne vrijednosti (Buchheit & Laursen, 2013; Collins & Stevens, 2019). Definitivno je da su metodološki ispravno utemeljena znanstvena istraživanja, kako u sportovima sa reketom tako i u drugim sportovima pokazala da pravilno osmišljeni testovi mogu pružiti pouzdane i valjane podatke, koji mogu znatno doprinijeti identifikaciji talenata te optimizaciji trenažnih programa (Impellizzeri, Rampininii Marcora, 2012; Cooper & Edwards, 2015).

U konačnici, nužno je osigurati daljnju integraciju naprednih tehnologija, kako za prikupljanje podataka, tako i za razvoj holističkih modela u sportskoj znanosti i kineziologiji koji istovremeno uzimaju u obzir fizičke i kognitivne komponente.To bi moglo biti krucijalno za unapređenje izvedbi u raznim sportovima (Thomas & Greaves, 2015; Murphy & Rodriguez, 2018). Dodatno bi se time osiguralo da metrijski ispitani testovi ostanu relevantan alat u selekciji sportaša kao i u dugoročnom planiranju sportskih strategija (Taylor & Nevill, 2015; Wilson & Martin, 2017). Kako je i prethodno navedeno, uspješnost sportaša u raznim disciplinama sve je više povezana s mogućnošću pouzdanog i validnog mjerenja prethodno precizno definiranih ključnih komponenti antropološkog statusa ali i situacijske učinkovitosti kao istaknute dimenzije. Dodatno, razvoj testova koji su istovremeno pouzdani i valjani omogućuje trenerima donošenje znanstveno utemeljenih odluka, te osigurava ispravne temelje za budući napredak u sportu. S obzirom na neprekidan porast zahtjevnosti modernog sporta, neophodno je nastaviti s unapređenjem postojećih protokola testiranja, a u novokonstruirane testove integrirati nove pristupe koji će dodatno povećati njihovu učinkovitost (Buchheit, 2014; Roberts & Green, 2018). Zadnje navedeno je od fundamentalne važnosti, te će u svojoj cjelovitosti biti integrirano u ovaj doktorski rad.

4 IZVORNI ZNANSTVENI RADOVI

4.1 **Izvorni znanstveni rad 1:** Diskriminativna valjanost testova agilnosti s obzirom na razinu uspješnosti kod mladih tenisača

Izvorni znanstveni rad 1: Munivrana, G.; Jelaska, G.; Tomljanović, M. (2025). Performance level discriminative validity of agility tests in youth tennis players. *Frontiers in sports and active living*, 7, 1486777, 12. doi: 10.3389/fspor.2025.1486777.

Časopis: Frontiers in Sport and Active Living

Kvartil u kategoriji „Sport Science“: Q2

Rukopis predan na međunarodnu recenziju: 26.08.2024.

Rukopis prihvaćen za objavljivanje: 27.03.2025.

Rukopis objavljen: 09.05.2025.

Čimbenik odjeka: 3,0

Napomena: Autori Munivrana Goran i Jelaska Goran su jednako doprinijeli ovom istraživanju te dijele prvo autorstvo.

Indeksiranost časopisa: Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CNKI Scholar, Committee on Publication Ethics (COPE), CLOCKSS, Crossref, Dimensions, Chinese Academy of Sciences GoOA, OpenAIRE, ResearchGate, EBSCO, DOAJ, PubMed, PubMed Central (PMC), Web of Science Emerging Sources Citation Index (ESCI) , Scopus, ZBMED, ProQuest.

4.1.1 Sažetak i ključne riječi

Glavni cilj ovog istraživanja bio je usporediti različite generičke i tenis-specifične testove agilnosti kako bi se utvrdilo mogu li i u kojoj mjeri, razlikovati mlade tenisače u smislu njihovog natjecateljskog uspjeha. Dodatan cilj je ispitati mogu li se isti koristiti kao alat za identifikaciju talentiranih igrača u mlađim teniskim kategorijama. U istraživanju je sudjelovalo N=33 mladih tenisača, 21 dječak i 12 djevojčica (11,05 ± 0,59 godina), koji su se svi natjecali na nacionalnoj razini u kategoriji U12 i bili podijeljeni u tri različite kategorije izvedbi. I intra-subjektna i inter-subjektna pouzdanost pokazala se visokom za sve korištene testove agilnosti (Cα 0,87 - 0,97; ICC 0,83 – 0,94). Rezultati su također pokazali konstruktnu valjanost korištene baterije testova, budući da je izdvojena značajna latentna dimenzija i svi testovi su prilično ravnomjerno projicirani na zajednički faktor. ANOVA za nezavisne uzorke je ukazala da rezultati različitih testova agilnosti mogu uspješno razlikovati mlade tenisače u smislu njihove natjecateljske uspješnosti. Igrači koji su pripadali višoj razini uspješnosti postigli su bolje rezultate u svim korištenim testovima agilnosti. Međutim, u svim korištenim testovima agilnosti specifične za tenis, razlike su bile značajne samo između igrača s „visokom“ (1.) i „niskom“ (3.) razinom uspješnosti, te dodatno između igrača s „prosječnom“ (2.) i „niskom“ (3.) razinom uspješnosti ($p < 0,05$). Rezultati studije ukazuju na to da testovi agilnosti imaju potencijal razlikovati mlade tenisače različitih razina kvalitete, bez obzira na to koja se vrsta testa koristi (generički ili tenis-specifični; unaprijed planirani ili tenis-specifični reaktivni).

Ključne riječi: *sportovi s reketom, promjena smjera, evaluacija performansi, mjerne karakteristike, natjecateljski uspjeh*

4.1.2 Uvod

Sposobnost promjene smjera (COD) i agilnost u cjelini, igraju bitnu ulogu u mnogim sportovima, posebno sportskim igrama. Kao što je navedeno u radu Inglisa i Birda (2016), agilnost se tradicionalno definira kao "sposobnost brze i precizne promjene smjera" (Mathews, 1973; Bloomfield i sur., 1994; Barrow i McGee, 1979; Johnson i Nelson, 1969) ili kao "sposobnost usporavanja, preokretanja ili promjene smjera

kretanja i ponovnog ubrzavanja" (Jones i sur., 2009). Ove definicije i stavovi o agilnosti ne uzimaju u obzir činjenicu da se većina promjena smjera u sportu događa kao odgovor na podražaj specifičan za pojedini sport. Kao što sugeriraju Sheppard i Young (2006), definicija agilnosti trebala bi uzeti u obzir ne samo fizičke i tehničke vještine, već i kognitivne procese. Međutim, agilnost se obično trenira i testira uz pomoć fiksnih obrazaca kretanja u kojima sportaš mora što brže protrčati unaprijed određenu stazu (Semenick, 1990). To su obrasci kretanja sa zatvorenim vještinama u kojima nema reakcije na podražaj. U sportu, a posebno u sportskim igrama, pokreti agilnosti obično su reaktivni i zahtijevaju ne samo fizičke već i kognitivne vještine (Zemková i Hamar, 2013, 2014).

Kao sport visokog intenziteta s prekidima, tenis zahtijeva od igrača da mnogo puta mijenjaju smjer tijekom meča (Giles i sur., 2022). Tijekom relija, igrači moraju izvoditi brze, višesmjerne pokrete s konstantnim ubrzanjima, usporavanjima i promjenama smjera (COD) kako bi se postavili u najbolji mogući položaj za vraćanje lopte (Kovacs, 2006; Munivrana i sur., 2015). Prosječan broj COD-ova u tenisu varira između 2 i 4 po poenu (Fernandez-Fernandez i sur., 2014), ovisno o kvaliteti igrača i podlozi na kojoj se meč igra (Kovacs, 2007; Lees, 2003).

Razne studije su pokazale da je agilnost pozitivno povezana s performansama na terenu (Kovacs, 2006; Munivrana i sur., 2015; Ulbricht i sur., 2016; Fernandez-Fernandez i sur., 2016; Jansen i sur., 2021; Munivrana i sur., 2022). Stoga je logično pretpostaviti da sposobnost brze promjene smjera kretanja igra važnu ulogu u postizanju vrhunskih performansi u tenisu (Leone i sur., 2006). Iz tog razloga, tijekom godina, razvijeni su i korišteni brojni COD testovi za tenis. Korišteni su ili generički ili specifičniji obrasci kretanja za tenis, u kojima su sportaši morali što brže protrčati unaprijed planiranu stazu (Barber-Westin i sur., 2010; Zemková i Hamar, 2018; Fernandez-Fernandez i sur., 2016; Huggins i sur., 2017; Sekulic i sur., 2017). Ova vrsta testa, unaprijed planirane promjene smjera (COD), u osnovi mjeri "sposobnost igrača da brzo i točno promijene smjer" (Mathews, 1973; Bloomfield i sur., 1994; Barrow i McGee, 1979; Johnson i Nelson, 1969). Međutim, ovaj aspekt agilnosti pokriva samo "fizičku" stranu performansi agilnosti. Nedavno su u tenisu razvijeni i korišteni neki reaktivni testovi agilnosti koji uključuju odgovor na vanjski podražaj (Ulbricht i sur., 2016; Jansen i sur., 2021; Munivrana i sur., 2022). S obzirom na to da su pokreti u tenisu obično reaktivni,

pretpostavlja se da testovi koji uključuju kognitivnu komponentu donošenja odluka tijekom brzih COD-ova, bolje predstavljaju vrstu agilnosti potrebne u sportskim igrama nego testovi u kojima sportaš mora završiti unaprijed planiranu stazu bez donošenja odluka (Zemková i Hamar, 2013, 2014). Međutim, postoji praznina u postojećoj sportsko-znanstvenoj literaturi o tenisu budući da ne postoje znanstvene studije koje bi podržale ovu pretpostavku. Stoga je potrebno utvrditi koja vrsta testova agilnosti može bolje poslužiti sportskim znanstvenicima i trenerima, kako u smislu procjene performansi tenisača, tako i u smislu izvedivosti na terenu. Nadalje, postoji očita istraživačka praznina u dobivanju informacija o prognostičkoj vrijednosti različitih vrsta testova agilnosti u predviđanju budućih natjecateljskih performansi mladih tenisača, a navedeno znanje može biti prednost tijekom programa identifikacije talenata s obzirom na važnost agilnosti u reketnim sportovima.

Glavni cilj ove studije stoga je bio utvrditi je li moguće uspješno razlikovati mlade tenisače isključivo na temelju rezultata različitih testova agilnosti u odnosu na njihovu natjecateljsku izvedbu. Daljnji ciljevi bili su procijeniti psihometrijska svojstva korištenih testova i utvrditi utječe li vrsta korištenih testova agilnosti (generički unaprijed planirani COD-ovi / specifični za tenis unaprijed planirani COD-ovi / specifični za tenis reaktivni) na predviđanje budućeg natjecateljskog uspjeha mladih tenisača. Početna hipoteza autora bila je da testovi agilnosti, specifični za tenis, mogu pružiti pouzdaniju i valjaniju procjenu agilnosti u usporedbi s generičkim COD-ovima. Također je postavljena hipoteza da bi se među testovima specifičnim za tenis, test reaktivne agilnosti, koji uključuje kognitivni odgovor na vanjske podražaje, pokazao prikladnijim za razlikovanje igrača s različitim razinama performansi od jednostavnijih COD-ova, te bi stoga bio bolji alat za identifikaciju talentiranih igrača u mlađim kategorijama.

4.1.3 Metode rada

Uzorak ispitanika

U ovom istraživanju sudjelovalo je ukupno 33 tenisača, 21 dječak i 12 djevojčica (11,05 ± 0,59 godina; 152,03 ± 8,56 cm visine; 41,66 ± 6,9 kg). Prije studije, procjena veličine uzorka napravljena je na temelju statističke analize analogno definiranih varijabli u

sličnim studijama (Filipčič i Filipčič, 2005; Tsetseli i sur., 2010; Soyler i Cingoz, 2023), slijedeći smjernice opisane u Kraemeru i Blaseyju (2015). Zaključeno je da je uz $\alpha=0,05$ i snagu od $1-\beta=0,80$ potrebna veličina uzorka od 24 do 31 kako bi se otkrio značajan učinak kvalitete igrača. Shodno tome, korišten je uzorak od 33 mlada tenisača.

Budući da nisu pronađene značajne razlike ($p < 0,05$) između spolova u deskriptivnim varijablama (dob, visina i težina), uzorak se smatrao homogenim. Svi sudionici bili su tenisači do 12 godina koji su se natjecali na nacionalnoj razini. Da bi bili prihvatljivi za sudjelovanje u studiji, morali su redovito igrati tenis najmanje četiri godine prije sudjelovanja u studiji. Općenito, sudionici su trenirali 3 puta tjedno tijekom prve godine pa sve do godinu i pol dana redovitog teniskog treninga i 5 puta tjedno nakon ove početne faze treninga. Iako se sudionici mogu smatrati relativnim početnicima u svijetu tenisa, svi su napredovali do točke u kojoj su savladali sve osnovne udarce i rad nogu u tenisu te su počeli sudjelovati na nacionalnoj razini.

Kriteriji za određivanje razine uspješnosti igrača temeljili su se na kombinaciji dvaju čimbenika. Prvi je bio rang-lista Hrvatskog teniskog saveza (HTS) za njihovu dobnu skupinu, a drugi je bila stručna procjena razine uspješnosti igrača od strane 5 iskusnih trenera s najmanje 15 godina trenerskog iskustva kao na nacionalnoj razini. Stručna ocjena korištena je uz bodove na rang-listi, budući da pozicija na rang-listi u tim vrlo mladim dobnim skupinama ne odražava uvijek stvarnu vrijednost uspješnosti igrača. Sustav rangiranja osmišljen je tako da izravno ovisi o broju odigranih turnira i, iz različitih razloga, ne sudjeluju svi igrači u istom broju turnira. Uz kriterije za bodove rang-liste, ekspertni treneri ocjenjivali su igrače na Likertovoj ljestvici i to 1 za najnižu razinu uspješnosti do 5 za najvišu razinu uspješnosti. Svih pet kategorija za klasifikaciju razine uspješnosti detaljno je opisano u tekstualnom obliku uz dodijeljene numeričke vrijednosti, tako da su stručnjaci imali jasno definirane kriterije za procjenu razine uspješnosti sudionika. Činjenica da su stručni treneri već poznavali igrače koje su trebali ocijeniti također je pomogla u osiguravanju visoke pouzdanosti među ocjenjivačima.

Na temelju kombinacije dva kriterija, igrači su podijeljeni u 3 kategorije prema razini njihove izvedbe:

1. Igrači visoke razine – koji postižu izvanredne rezultate u svojim dobnim kategorijama i nalaze se među 20% najboljih igrača u svojoj dobnoj skupini.
2. Igrači prosječne razine – koji postižu prosječne rezultate u svojim dobnim kategorijama i spadaju među 20–50% najuspješnijih igrača u svojoj dobnoj skupini.
3. Igrači niske razine – ne postižu značajne rezultate u svojim dobnim kategorijama i spadaju među 50% najmanje uspješnih igrača u svojoj dobnoj skupini.

Studija je provedena u skladu s Helsinškom deklaracijom, a odobrio ju je Etički odbor Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Splitu (ID:2181-205-0205-22-024). Budući da su svi sudionici bili maloljetni, dobiven je informirani pristanak roditelja svih igrača uključenih u studiju. Svi sudionici su obaviješteni da se mogu povući iz testa u bilo kojem trenutku bez ikakvih sankcija.

Varijable

Za potrebe ove studije odabrano je pet validiranih testova agilnosti (Jansen i sur., 2021; Munivrana i sur., 2022; Sekulic i sur., 2017; Strel i sur., 1997; Raya i sur., 2013). Odabir i broj testova koji čine bateriju testova temeljio se na sljedećim kriterijima.

Prvo, baterija testova trebala bi obuhvatiti tri različite vrste testova agilnosti; generičku COD agilnost, tenisku COD agilnost i tenisku specifičnu reaktivnu agilnost. Drugo, odabir testova temeljio se na izvedivosti korištenih testova s ciljem odabira validiranih testova koji nisu zahtijevali specijaliziranu tehničku opremu ili dugo vrijeme pripreme. To je bateriju testova učinilo praktičnom za korištenje u redovitim sesijama obuke ili testiranja te olakšalo ponovljivost rezultata za neka buduća istraživanja.

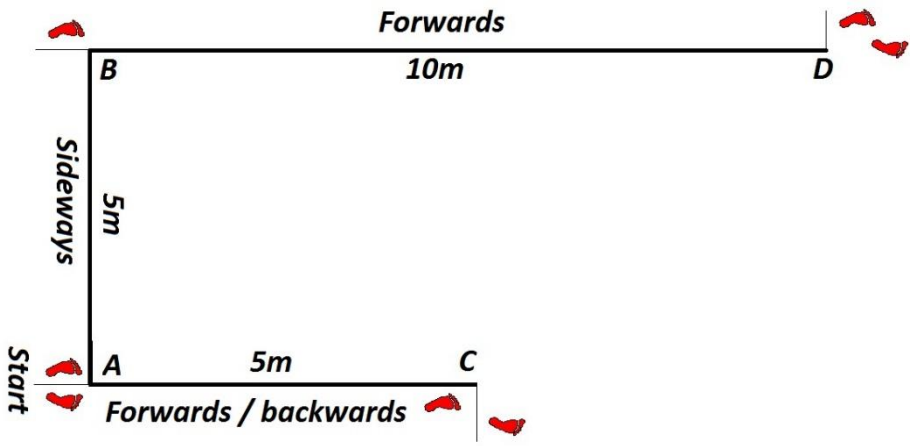
Treće, budući da su testovi provedeni u jednoj vremenskoj točki i svaki od 5 testova sastojao se od tri izmjerena pokušaja, sudionici su morali izvesti 15 različitih testnih pokušaja u relativno kratkom vremenskom razdoblju. Budući da su svi ovi pokušaji zahtijevali maksimalan napor, pet odabranih testova smatrano je optimalnim brojem pokušaja za potrebe ove studije i za ovaj uzorak vrlo mladih igrača U12. Na temelju prethodnog iskustva s korištenom baterijom testova (Munivrana i sur., 2022), testovi su provedeni s približno 3 minute odmora između pokušaja i približno 5 minuta odmora između testova. Broj odabranih testova osigurao je da sudionici mogu izvršiti potrebne

testne zadatke s maksimalnim angažmanom te održati koncentraciju i motivaciju tijekom cijele testne sesije.

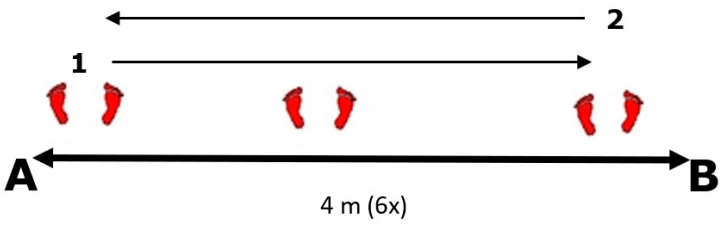
Testovi koji čine bateriju testova bili su sljedeći:

Test *agilnosti u više smjerova „ABCD" (MDA "ABCD")* je generički COD test agilnosti (Strel i sur., 1997), vrlo sličan po trajanju i obrascu kretanja (Slika 1.) drugom popularnom i standardno korištenom testu agilnosti (T-TEST) (Pauole i sur., 2000).

Slika 1. Struktura testa agilnosti u više smjerova ACABD

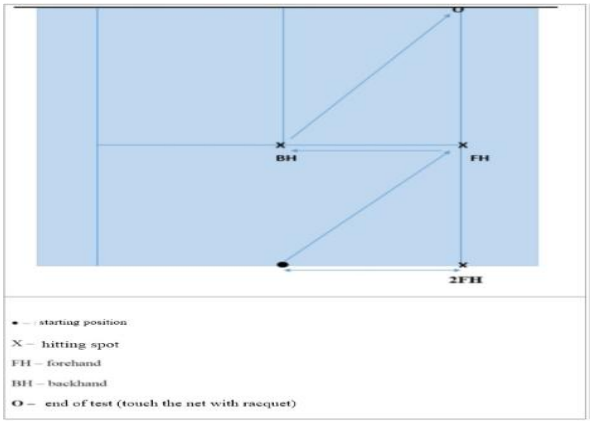


Lateralne agilnosti s koracima u stranu (STSLA) (Raya i sur., 2013) je generički test agilnosti koji mjeri sposobnost COD-a za lateralno kretanje, s lijeva na desno i obrnuto (slika 2.). Test procjenjuje lateralnu brzinu, agilnost i kontrolu tijela. Test je gotovo identičan uobičajeno korištenom Edgrenovom testu bočnih koraka (Raya i sur., 2013).



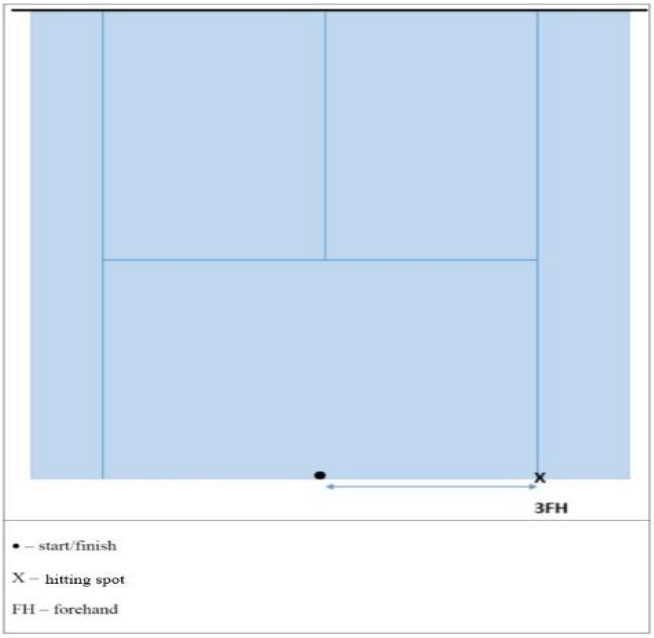
Slika 2. Koraci u stranu – test lateralne agilnosti

Teniski specifični koraci za bočnu lateralnu agilnost (TS-STSLA) Test (Munivrana i sur., 2022) je test osmišljen za procjenu specifične lateralne COD agilnosti u tenisu, što je jedan od najčešćih obrazaca kretanja tenisača. Test zahtijeva korištenje teniske opreme (reket, teniske loptice) jer se od igrača traži da izvedu forhend tehniku na teniskom terenu. Test je vrlo sličan generičkom testu "Steps to Side Lateral Agility" (STSLA) (Slika 3.), s tom razlikom što se na jednoj strani umjesto prelaska stopala preko linije izvodi forhend tehnika.



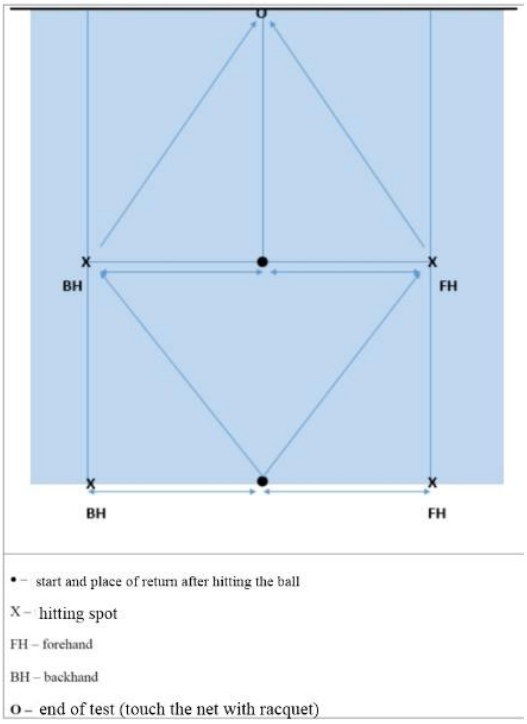
Slika 3. Shema teniskih koraka za bočnu lateralnu agilnost (TS-STSLA) (Barber-Westin i sur, 2010)

Teniski specifični višesmjerni agilitet (TS-MDA) je test razvijen (Barber-Westin i sur., 2010) za procjenu specifičnog višesmjernog COD agiliteta u tenisu s obrascem kretanja koji simulira stvarnu situaciju u igri i zahtijeva od igrača izvođenje tehnika igre s označenih točaka na terenu (Slika 4.).



Slika 4. Shema testiranja višesmjerne agilnosti specifične za tenis (TS-MDA) (Barber-Westin i sur, 2010)

Test reaktivne agilnosti specifičan za tenis (TS-RAT) je test korišten u znanstvenoj literaturi (Munivrana i sur., 2022) za procjenu specifične višesmjerne reaktivne agilnosti u tenisu s obrascem kretanja koji simulira stvarnu situaciju u igri, pri čemu sudionici unaprijed ne znaju smjer kretanja (Slika 5.). Stoga test uključuje ne samo specifične višesmjerne teniske pokrete i tehnike igranja, već i kognitivni odgovor na vizualni podražaj.



Slika 5. Shema testiranja testa reaktivne agilnosti specifične za tenis (TS-RAT) (Barber-Westin i sur, 2010)

Detaljnije informacije o testovima koji čine bateriju testova mogu se pronaći u Tablici 1.

Tablica 1. Testovi agilnosti koji čine bateriju testova, kategorizirani prema vrsti mjerene agilnosti i zahtjevima za ispravnu izvedbu testa

NAZIV TESTA (KRATICA)	VRSTA AGILNOSTI	PROSTOR & OPREMA	ZAHTJEVI ZA MJERENJE	OPIS ZADATKA
Višesmjerna agilnost „ABCD“ (MDA “ABCD”)	Generičko unaprijed planirani višesmjerni COD	Stan otvoreni prostor s tvrdom podlogom, minimalne veličine 15×7 m i Ljepljiva traka i štoperica	1 mjerač stoji u točki D, provjerava ispravnost izvršenja testa i mjeri vrijeme Vrijeme mjereno u 1/10 sekunde / Tri mjerena pokušaja	Početni položaj je u točki A. Sudionik prelazi udaljenost od točke A do točke B i natrag bočnim koracima, sprinta naprijed do točke C i natrag do točke A, bočno korača do točke B i završava sprint trčanjem do točke D
Lateralna agilnost "Koraci u stranu" (STSLA)	Generičko unaprijed planirani lateralni COD	Stan otvoreni prostor s tvrdom površinom, minimalne veličine 5×2 m i Ljepljiva traka i štoperica	1 mjerač, stoji ispred sudionika, provjerava ispravnost izvršenja testa i mjeri vrijeme Vrijeme mjereno u 1/10 sekunde / Tri mjerena pokušaja	Početni položaj je u točki A. Sudionik pravi bočne korake udesno dok desno stopalo ne prijeđe desnu vanjsku liniju u točki B, a zatim se vraća u stranu u točku A. Test je završen kada sudionik treći put prijeđe startnu/ciljnu liniju u točki A.
Teniski specifični "koraci u stranu" - lateralna	Teniski specifični unaprijed planirani bočni	Teniski teren s tvrdom podlogom i Štoperica, 3 teniske	2 mjeritelja. Jedan stoji ispred sudionika i provjerava ispravnost izvršenja testa i mjeri	Početni položaj je na sredini osnovne linije. Sudionik se kreće bočno duž osnovne linije pokretima specifičnim za tenis i izvodi udarac slobodnom nogom

agilnost (TS-STSLA)	COD	loptice i teniski reket.	vrijeme. Drugi mjerač ispušta teniske loptice okomito na sjecištu osnovne linije i bočne "single" linije. Vrijeme mjereno u 1/10 sekunde / Tri mjerena pokušaja	na sjecištu osnovne linije s desnom bočnom linijom, a zatim se vraća dok lijeva noga ne prijeđe središte osnovne linije. Slijed se ponavlja tri puta i završen je kada sudionik treći put prijeđe središte osnovne [linije].
Višesmjerna agilnost specifična za tenis (TS-MDA)	Višesmjerni COD specifičan za tenis	Teniski teren s tvrdom podlogom i Štoperica, 4 teniske loptice i teniski reket.	3 mjeritelja. Jedan se kreće uz desnu bočnu liniju, provjerava ispravnost izvedbe testa i mjeri vrijeme. Druga dvojica se kreću od osnovne linije do servisne linije i ispuštaju loptice okomito na označena područja. Vrijeme mjereno u 1/10 sekunde / Tri mjerena pokušaja	Početni položaj je na sredini osnovne linije. Sudionik se kreće bočno duž osnovne linije pokretima specifičnim za tenis i izvodi slobodni udarac (FH) na sjecištu osnovne linije s desnom bočnom linijom za pojedinačni udarac, a zatim se vraća u središte osnovne linije. To se ponavlja dva puta. S osnovne linije, sudionik se dijagonalno kreće do sjecišta servisne linije i desne bočne linije za pojedinačni udarac, izvodi slobodni udarac (FH), pomiče se do središta servisne linije kako bi odigrao udarac za krilni udarac prije nego što dijagonalno potrči do mreže. Test je završen kada reket sudionika dodirne označeni dio mreže.
Test reaktivne agilnosti specifičan za tenis (TS-RAT)	Višesmjerna reaktivna agilnost specifična za tenis	Teniski teren s tvrdom podlogom i Štoperica, 4 teniske loptice i teniski reket.	4 mjeritelja. Jedan se kreće uz desnu bočnu liniju pojedinačnog polja, provjerava ispravnost izve9dbe testa i mjeri vrijeme. Jedan daje vizualne signale rukom pokazujući smjer kretanja sa suprotne strane mreže. Dva mjeritelja sa svake strane bočnih linija za pojedinačne udarce prate vizualne signale i okomito ispuštaju kuglice na označena mjesta. Vrijeme mjereno u 1/10 sekunde / Tri mjerena pokušaja	Iz početne pozicije u sredini osnovne linije sudionik se pomiče do naznačenog lijevog/desnog sjecišta osnovne linije s desnom bočnom linijom pojedinačnih udaraca i izvodi udarac FH/BH, a zatim se vraća u središte osnovne linije. To se ponavlja dva puta. Od osnovne linije, sudionik se dijagonalno pomiče do označenog lijevog/desnog sjecišta servisne linije s bočnim linijama pojedinačnog udarca, izvodi udarac krilnim/krilnim udarcem, pomiče se do središta servisne linije i nakon posljednjeg vizualnog signala izvodi još jedan udarac krilnim/krilnim udarcem s lijevog/desnog sjecišta servisne linije s bočnim linijama pojedinačnog udarca. Sudionik se zatim vraća na sredinu servisne linije, sprinta do označene točke na sredini mreže i dodiruje je reketom.

Testovi su provedeni na vanjskom teniskom terenu s tvrdom podlogom. Testovi su provedeni u isto doba dana (8:30-10:30) na vanjskoj temperaturi od 20–25°C. Sudionici su nosili uobičajenu tenisku odjeću koja se nosi tijekom treninga ili natjecanja. Svi sudionici donijeli su vlastite teniske rekete za testove agilnosti specifične za tenis.

Metode obrade podataka

Podaci istraživanja obrađeni su programskim paketom Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc., 2020). Deskriptivna statistika (srednja vrijednost ± SD) izračunata je za sva pojedinačna ispitivanja. Normalnost distribucija provjerena je Kolmogorov-Smirnovljevim testom s Lillieforsovom korekcijom. Kako bi se utvrdila pouzdanost korištenih testova u usporedbi s ponovnim testiranjem, unutarnja konzistentnost između

ispitivanja također je procijenjena pomoću Cronbachovog alfa (α) i koeficijenta intraklasne korelacije (ICC). Koeficijent intraklasne korelacije (ICC) interpretiran je prema preporukama (Kooa i Li, 2016), pri čemu je ICC < 0,50 označen kao loš, između 0,50 i 0,75 kao umjeren, 0,75 i 0,90 kao dobar, te > 0,90 kao izvrstan. Stupanj slaganja između stručnjaka u procjeni razine uspješnosti igrača utvrđen je analizom različitih koeficijenata pouzdanosti korištenjem klasičnih i Guttmanovih metoda. Stručnjacima su dane detaljne upute u tekstualnom obliku s opisom kriterija za svaku dodijeljenu ocjenu (1-5). S igračima koje su trebali procijeniti, bili su upoznati - s turnira i trening kampova kojima su prethodno prisustvovali.

Kako bi se odredila ukupna dimenzionalnost korištenih testova, provedena je eksplorativna faktorska analiza korištenjem metode ekstrakcije faktora glavnih komponenti za sve testove koji čine bateriju testova te je izračunata ukupna objašnjena varijanca. Za određivanje diskriminantne valjanosti generičkih i specifičnih testova agilnosti korištenih u odnosu na razinu izvedbe mladih tenisača korištena je jednosmjerna ANOVA za nezavisne uzorke s post-hoc Bonferronijevom korekcijom. Parcijalni eta kvadrat (parcijalni η_p^2) korišten je kao mjera veličine učinka. Za sve izračune, pogreška tipa I postavljena je na $\alpha = 5\%$.

4.1.4 Rezultati

Osnovni deskriptivni statistički parametri (M ± SD, distribucija rezultata) između pokušaja za svaki od provedenih testova agilnosti prikazani su u Tablici 2. Rezultati pokazuju normalan obrazac distribucije podataka za sve varijable testa.

Pouzdanost mjerenja

Pouzdanost svih testova agilnosti koji čine bateriju testova prikazana je u Tablici 2.

Tablica 2. Srednja vrijednost ± standardna devijacija zajedno s intervalom pouzdanosti od ± 95%, mjere pouzdanosti i značajnost Kolmogorov-Smirnovljevog testa s Lillieforsovom korekcijom korištenih testova

	Test 1	**Test 2**	**Test 3**	**ICC**	**IIR**	**Cα**	**KS test**
MDA "ABCD"	11,09±1,15 [10,73-11,45]	10,90±1,21 [10,52-11,27]	10,70±1,14 [10,36,-11,04]	,94	,90	,97	p > 0,10
STSLA	10,02±0,71 [9,82-10,21]	9,86±0,56 [9,70-10,02]	9,80±0,66 [9,60-10,01]	,86	,74	87	p > 0,20

TS-STSLA	10,07±0,82 [9,84-10,30]	9,71±0,63 [9,53-9,90]	9,43±0,69 [9,21-9,66]	,83	,81	,92	p > 0,20
TS- MDA	12,03±0,72 [11,79-12,27]	11,74±0,76 [11,54-11,93]	11,69±0,85 [11,42-11,95]	,85	,87	,87	p > 0,20
TS-RA T	14,45±1,25 [14,08-14,82]	14,01±1,06 [13,69-14,34]	13,93±1,37 [13,59-14,28]	,89	,80	,91	p > 0,20

[ ] - 95%-tni interval pouzdanosti
ICC – Intraklasni koeficijent korelacije
IIR – prosječna korelacija među mjerenjima
Cα – Cronbach Alpha

Mjere interne konzistentnosti, prosječna inter-item korelacija (IIR) i Cronbach alfa (Cα), pokazale su dobru do izvrsnu inter-subjektnu pouzdanost. Unutarnja konzistentnost između pokušaja za sve korištene testove agilnosti kretala se od 0,87 do 0,97 za Cronbach alfa koeficijent a od 0,74 do 0,90 za prosječnu korelaciju među mjerenjima. Intraklasni koeficijent korelacije (ICC) odražava ne samo stupanj korelacije između ispitanika već i slaganje između mjerenja (Koo i li, 2016). ICC se kretao od 0,83 za test Teniskih koraka u stranu (TS-STSLA), koji je na rubu „umjerene“ do „dobre“ pouzdanosti testa, do 0,94 za test Višesmjerne agilnosti „ABCD“ (MDA „ABCD“), koji je prema prije navedenim autorima (Koo i Li, 2016) pokazatelj „izvrsne“ pouzdanosti testa.

Generički test višesmjerne agilnosti „ABCD“ (MDA „ABCD“) pokazao je najveću ukupnu pouzdanost, kako u smislu unutarnje konzistentnosti između pokušaja, tako i u smislu slaganja između mjerenja. Međutim, ukupna pouzdanost svih korištenih testova pokazuje prilično visoke i relativno jednake vrijednosti različitih mjera pouzdanosti preko testne baterije.

Stupanj slaganja između stručnjaka u procjeni zajedničkog objekta mjerenja utvrđen je analizom različitih koeficijenata pouzdanosti prema klasičnom i Guttmanovom modelu mjerenja (Tablica 3.).

Tablica 3. Određivanje stupnja slaganja među stručnjacima u procjeni razine natjecateljske uspješnosti igrača

Varijabla	C_α	λ_6	h_1	M_{sa}	V %

Varijabla/Test	Ekstrakcija: Glavne komponente				
Ocjene eksperata (Natjecateljska izvedba)	.904	.919	1	.972	66

$C_{\alpha.}$ – Cronbachov koeficijent pouzdanosti mjeren klasičnom metodom mjerenja na originalnim i standardiziranim rezultatima; λ_6 - Guttman-Nicewanderov koeficijent pouzdanosti mjeren prema Guttmanovom modelu mjerenja ; h1 – homogenost ispitivanih čestica na temelju broja glavnih komponenti s pozitivnim koeficijentima pouzdanosti ; msa – Kaiser-Riceov koeficijent zastupljenosti stručnjaka; $V_{\%}$ – postotak zajedničke varijance mišljenja stručnjaka

Rezultati prikazani u Tablici 3. pokazuju vrlo visok stupanj slaganja (pouzdanost mjerenja je preko 0,90) između stručnjaka i njihovu homogenost u određivanju zajedničkog objekta mjerenja, bez obzira na korišteni model mjerenja (klasični ili Guttmanov). Budući da je postojala vrlo visoka razina slaganja među stručnjacima, procjena stručnjaka smatrana je valjanim dodatnim kriterijem za određivanje razine uspješnosti igrača.

Faktorska struktura i diskriminativna valjanost

Rezultati eksplorativne faktorske analize pokazali su da je izdvojena značajna latentna dimenzija/faktor koji je objasnio 75 % zajedničke varijance korištene testne baterije (Tablica 4.).

Tablica 4. Faktorska analiza varijabli koje čine bateriju testova za agilnost

	Faktor (F1)
MDA "ABCD"	.86
STSLA	.88
TS-STSLA	.85
TS-MDA	.88
TS-RA T	.85
Eksp.Var	3,73
Ukupno u planu	.75

Eksp. varijanca - objašnjena varijanca;
Prp.Totl – udio objašnjene ukupne varijance;
Faktor (F) - korelacije testova s ekstrahiranim faktorom

Svih pet testova agilnosti koji su činili bateriju testova bili su visoko i prilično ravnomjerno projicirani na zajednički faktor. Korelacije svih pojedinačnih testova sa zajedničkom latentnom dimenzijom bile su u uskom rasponu između 0,85 za testove TS-STSLA i TS-RAT te 0,88 za testove STSLA i TS-MDA. Rezultati su pokazali (Tablica 5.) statistički značajne razlike u svim varijablama/testovima u odnosu na razinu uspješnosti mladih tenisača.

Tablica 5. Razlike u rezultatima testova, karakteristike rangiranja i osnovni deskriptivni parametri između skupina igrača kategoriziranih prema razini izvedbe, vrijednosti izražene kao M ± SD.

TESTOVI I VARIJABLE	**NATJECATELJSKA RAZINA**			**ANOVA**		
	1. Visoka (n = 9)	**2. Prosjek** (n = 14)	**3. Niska** (n = 10)	**F**	**p**	**η^2**
MDA "ABCD"	10,26 [3] ± 0,95	10,80 ± 0,92	11,60 ± 0,68	5,88	**0,01**	0,28
STSLA	9,65 [3] ± 0,40	9,84 ± 0,48	10,18 ± 0,41	3,53	**0,04**	0,19
TS-STSLA	9,51 [3] ± 0,35	9,52 [3] ± 0,48	10,25 ± 0,51	8,81	**0,01**	0,37
TS-MDA	11,60 [3] ± 0,49	11,62 [3] ± 0,45	12,30 ± 0,59	6.32	**0,01**	0,30

TS-RAT	13,67 [3] ± 0,74	13,92 [3] ± 0,66	14,84 ± 0,93	6.41	**0,01**	0,30
Prosječni rang.	8,67 [3,2] ± 4,90	43,29 [3] ± 13,81	87,50 ± 11,54	115,37	**<0,01**	0,89
Prosječni bodovi ranga	1628,00 [3,2] ± 615,04	466,00 [3] ± 175,27	121,90 ± 32,36	51,72	**<0,01**	0,78
Prosječna ocjena iskustva	4,47 [3,2] ± 0,32	3,63 [±] 0,27	2,68 ± 0,30	88,93	**<0,01**	0,86
Dob (godine)	*11,19 ± 0,51*	*11,01 ± 0,65*	*10,96 ± 0,61*	*O.38*	*0,68*	*0,02*
Visina (cm)	*150,56 ± 9,59*	*153,50 ± 7,61*	*151,30 ± 8,49*	*0,39*	*0,68*	*0,03*
Težina (kg)	*39,89 ± 6,79*	*42,79 ± 6,53*	*41,70 ± 7,39*	*0,49*	*0,62*	*0,03*

Prosječni rang - prosječna pozicija na rang listi poziva na akciju
Prosječni bodovi rangiranja – Prosječan broj osvojenih bodova rangiranja
Prosječna ocjena iskustva – Prosječna ocjena koju su sudionicima dodijelili stručnjaci na Likertovoj ljestvici (1-5)
F – ANOVA test statistika;
η2 – Eta kvadrat · veličina učinka prijavljena za ANOVA F-test
[3] - značajne razlike u odnosu na Nisko skupinu
[2] - značajne razlike od Prosjek skupine

Rezultati su također pokazali da su pronađene značajne razlike između igrača s „visokom“ (1. i „niskom“ (3.) razinom izvedbe u svim testovima agilnosti korištenim za formiranje baterije testova. Osim toga, tri testa agilnosti specifična za tenis (TS-STSLA, TS-MDA, TS-RAT) također su otkrila značajne razlike između igrača „prosječne“ (2.) i „niske“ (3.) razine, pri čemu su igrači s višom razinom izvedbe postigli značajno bolje rezultate u svim testovima agilnosti specifičnim za tenis. Nisu pronađene statistički značajne razlike između igrača „visoke“ (1.) i „prosječne“ (2.) razine ni u jednom od korištenih testova agilnosti, iako su srednje vrijednosti testova pokazale nešto više vrijednosti u korist bolje plasiranih igrača.

4.1.5 Rasprava

S obzirom na važnost agilnosti u tenisu (Kovacs, 2006; Munivrana i sur., 2015; Ulbricht i sur., 2016; Murphy i sur., 2015; Leone i sur., 2006), glavni cilj ove studije bio je usporediti različite generičke i teniske testove agilnosti, kako unaprijed planirane COD-ove tako i reaktivne testove, kako bi se utvrdilo razlikuju li i u kojoj mjeri mlade tenisače u smislu njihovog natjecateljskog uspjeha te mogu li se koristiti za predviđanje

njihove buduće natjecateljske razine. Rezultati ukazuju da se, suprotno izvornoj hipotezi autora, različite vrste testova agilnosti mogu smatrati jednako pouzdanim i valjanim alatima za testiranje agilnosti mladih tenisača te imaju sličnu sposobnost razlikovanja mladih igrača u smislu njihove natjecateljske uspješnosti na teniskom terenu.

Pouzdanost mjerenja

Pouzdanost je najvažniji preduvjet za primjenjivost testova. Stoga bi testovi agilnosti trebali pokazivati pouzdane rezultate kako bi se razlika u testu mogla pripisati promjeni u izvedbi igrača (Jansen i sur., 2021). U ovoj studiji mjere pouzdanosti, koje su uzele u obzir i intra-subjektnu i inter-subjektnu pouzdanost, pokazale su usporedive rezultate za sve 3 kategorije testova agilnosti (generički COD, tenis-specifični COD, tenis-specifični reaktivni). Rezultati određeni različitim mjerama pouzdanosti za sve korištene testove agilnosti bili su prilično visoki, u rasponu od "dobrog" do "izvrsnog". U usporedbi s tim, dobivene vrijednosti pouzdanosti pokazale su se prilično dobrim slaganjem s rezultatima prethodnih istraživačkih studija (Ulbricht i sur., 2016; Fernandez-Fernandez i sur., 2016; Barber-Westin i sur., 2010; Eriksson i sur., 2015; Huggins i sur., 2017; Sekulic i sur., 2017; Jansen i sur., 2021; Munivrana i sur., 2022; Leone i sur., 2006).

Većina generičkih COD testova agilnosti koji su se tijekom godina široko koristili u tenisu općenito je pokazala dobru do izvrsnu ponovljivost (Barber-Westin i sur., 2010; Eriksson i sur., 2015; Fernandez-Fernandez i sur., 2016; Huggins i sur., 2017; Sekulic i sur., 2017). To se odnosi i na dva generička COD testa agilnosti korištena u ovoj studiji. Rezultati su pokazali "izvrsnu" pouzdanost i intra i inter subjektima za "MDA 'ABCD'" test i "umjerenu" do "dobru" pouzdanost za "STSLA" test. Obje, intra i inter-subjektima pouzdanost za dva teniska COD testa agilnosti (TS-STSLA, TS-MDA) također su bile u sličnom rasponu kao i u prethodnim studijama u kojima su provedeni teniski COD testovi agilnosti (Leone i sur., 2006; Ulbricht i sur., 2016; Munivrana i sur., 2022). Glede testova reaktivne agilnosti specifične za tenis (TS-RAT), koeficijent korelacije unutar klase (ICC) pokazao je čak i više vrijednosti (ICC = 0,89) nego u rijetkim prethodnim studijama u kojima su provedeni testovi reaktivne agilnosti specifične za tenis. Test reaktivne agilnosti "TAT" koji su koristili Jansen i sur. (2021) pokazao je umjerenu relativnu pouzdanost s ICC-om od 0,74, a ista ICC vrijednost od 0,74 dobivena je za "testove reaktivne agilnosti TS-RAT" (Munivrana i sur., 2022), što je isti test korišten u ovoj studiji.

Rezultati različitih mjerenja pouzdanosti pokazuju da se različite vrste testova agilnosti mogu smatrati jednako pouzdanim instrumentima za testiranje agilnosti tenisača. Bez obzira na to je li test generički COD, teniski specifičan unaprijed planirani COD ili teniski specifičan reaktivni, može se pretpostaviti da trenerima pruža pouzdane informacije o razini agilnosti njihovih igrača.

Faktorska struktura i diskriminativna valjanost korištenih testova agilnosti

Eksplorativna faktorska analiza pokazala je da je izdvojena samo jedna latentna dimenzija/faktor. Svih pet testova agilnosti korištenih iz tri kategorije testova pokazalo je usporedno visoke projekcije (od 0,85 do 0,88) na zajedničkom faktoru, što ukazuje na to da je njihov doprinos objašnjenju zajedničke varijance gotovo identičan. Ovi rezultati mogli bi ukazivati na zaključak da se različite vrste testova agilnosti (generički COD-ovi, COD-ovi specifični za tenis, reaktivni specifični za tenis) mogu smatrati ekvivalentnim alatima za testiranje agilnosti tenisača. Budući da se čini da svi korišteni testovi mjere isti konstrukt u sličnoj mjeri, sportski znanstvenici i treneri vjerojatno bi se trebali odlučiti za testove koji su najizvediviji i koji najvjerojatnije odgovaraju specifičnim ciljevima njihovog istraživanja ili trenažnih ciljeva.

Rezultati jednosmjerne analize varijance (ANOVA) pokazali su (Tablica 5.) da različiti testovi agilnosti mogu uspješno razlikovati mlade tenisače (U12) s obzirom na njihovu razinu izvedbe. Sveukupno, igrači koji su pripadali višoj razini izvedbe postigli su značajno bolje rezultate u svim korištenim testovima agilnosti, bez obzira na to je li test mjerio generički COD, teniski specifični COD ili teniski specifični reaktivni agilni učinak.

Uspoređujući rezultate s rezultatima nekoliko drugih studija provedenih u tenisu koje su ispitivale sposobnost razlikovanja rezultata testova agilnosti od razine performansi igrača, studija Ulbrichta i suradnika (2016) pronašla je bolje performanse na specifičnom testu agilnosti za tenis kod iskusnijih igrača u skupini mladih tenisača (13 godina). Nasuprot tome, studija Warda (2014) nije uspjela razlikovati razine performansi na općem testu agilnosti provedenom sa skupinom 20-godišnjih, neiskusnih tenisača. Međutim, studije provedene u drugim sportovima s reketom, posebno badmintonu, pokazale su da igrači s višom razinom performansi postižu bolje rezultate i u specifičnim (Hughes i sur., 2008; Loureiro i de Freitas, 2016; Loureiro i sur., 2017;

Ooi i sur., 2009) i u generičkim testovima agilnosti (Güçlüöver i sur., 2012; Phomsoupha i sur., 2018). Uspoređujući vrste testova agilnosti koje su korištene (generički COD-ovi/specifični COD-ovi za tenis/specifični reaktivni za tenis), može se vidjeti da su svi testovi unutar baterije testova agilnosti pokazali sličnu sposobnost razlikovanja mladih igrača u smislu njihove natjecateljske uspješnosti na teniskom terenu. To je u suprotnosti s nalazima Inglisa i Birda (2016), koji su u svom sustavnom pregledu analizirali vrijednost i praktičnu primjenu testiranja reaktivne agilnosti u sportu. Zaključili su da testiranje reaktivne agilnosti može pružiti pouzdaniju i valjaniju procjenu uspješnosti agilnosti u usporedbi s tradicionalnim unaprijed planiranim COD testiranjem agilnosti. To je također bila početna pretpostavka autora ovog članka, koji su pretpostavili da će postojati veće razlike u svojstvima mjerenja između COD-ova specifičnih za tenis i testova reaktivne agilnosti specifičnih za tenis. Autori su također pretpostavili da bi COD-ovi specifični za tenis mogli pružiti pouzdaniju i valjaniju procjenu uspješnosti agilnosti u usporedbi s generičkim COD-ovima. Međutim, obje hipoteze nisu se mogle potvrditi u slučaju ove studije i za ovaj uzorak mladih (U12) tenisača. Tri testa agilnosti specifična za tenis pokazala su se nešto osjetljivijima u razlikovanju igrača "prosječne" (2.) i "niske" (3.) razine, ali općenito, pouzdanost, faktorska i diskriminativna valjanost svih testova korištenih unutar baterije testova agilnosti pokazale su prilično jednake vrijednosti.

Autori su smatrali da bi dob igrača mogla biti jedan od mogućih razloga zašto test reaktivne agilnosti specifičan za tenis nije pružio pouzdaniju i valjaniju procjenu agilnosti od tradicionalnih, generičkih COD testova agilnosti. Dob sudionika, koji pripadaju kategoriji U12, mogla bi biti važan čimbenik u tumačenju rezultata studije. U ovoj mladoj dobi, tehničko-taktički razvoj igrača još je uvijek u punom jeku i sasvim je moguće da su generički testovi agilnosti prikladniji za trenere samo dok igrači ne dosegnu određenu dob i tehničku razinu. Nadalje, igrači u mladoj razvojnoj dobi koji su biološki napredni često postižu bolje rezultate od drugih igrača koji su tehnički čvršći, ali su prošli kroz kasniji razvoj. U tim razvojnim dobima, utjecaj fizičke komponente na sportske performanse može biti jače naglašen (Lloyd i sur., 2014) pa ne bi trebalo biti iznenađenje da osnovni generički testovi agilnosti COD, koji naglašavaju motoričke vještine, mogu poslužiti kao dobri ili čak bolji prediktori razine performansi kod mladih igrača od tehnički zahtjevnijih testova reaktivne agilnosti specifičnih za tenis. Međutim, u slučaju ove studije nema naznaka da su razvojni čimbenici razlog zašto testovi

specifični za tenis ne postižu bolje rezultate od generičkih testova agilnosti, budući da nisu pronađene značajne razlike između tri kategorije razine performansi s obzirom na kronološku dob, visinu i težinu igrača (Tablica 5.). Dakle, ovo se može smatrati samo pretpostavkom autora.

Praktične implikacije

Iako su tijekom godina provedene brojne studije za procjenu agilnosti tenisača, one su se uglavnom usredotočile na pouzdanost i kriterijsku valjanost korištenih testova (Barber-Westin i sur., 2010; Eriksson i sur., 2015; Huggins i sur., 2017; Sekulic i sur., 2017; Munivrana i sur., 2022; Leone i sur., 2006, itd.). Samo u studijama Ulbrichta i sur. (2016) i Jansena i sur. (2021) rezultati testova agilnosti povezani su s kriterijem za natjecateljske rezultate. Nadalje, nijedna od provedenih studija nije uspoređivala različite vrste testova agilnosti (generički COD-ovi/specifični COD-ovi za tenis/specifični reaktivni za tenis) i povezivala ih s razinom izvedbe tenisača. Rezultati ove studije sugeriraju da su i generički i specifični testovi agilnosti za tenis, bilo da se radi o unaprijed planiranom COD-u ili reaktivnom, ekvivalentni u smislu pouzdanosti i sposobnosti razlikovanja mladih igrača s obzirom na njihovu razinu izvedbe.

Dobiveni rezultati postavljaju pitanje je li potrebno koristiti složenije, sportski specifične testove, za razliku od jednostavnijih, generičkih testova, za procjenu performansi i potencijala mladih tenisača. Stoga, ako se ovi rezultati potvrde u budućim studijama provedenim u različitim dobnim skupinama i na različitim razinama performansi, vjerojatno bi bilo legitimno da se treneri odluče za jednostavnije i općenito izvedivije generičke testove. Međutim, ako testovi imaju slična metrička svojstva i prognostičku vrijednost, konačni izbor testova agilnosti koji će se koristiti u određenom slučaju trebao bi prvenstveno ovisiti o specifičnim ciljevima i trenažnim ciljevima dotičnog trenera.

Rezultati studije pokazuju da različiti testovi agilnosti, bilo jednostavniji COD-ovi ili reaktivni, mogu biti koristan alat trenerima u identificiranju talenata. S obzirom na složenost teniske igre, to bi naravno trebalo raditi zajedno s nekim drugim mjerljivim pokazateljima antropološkog i tehničko-taktičkog statusa i potencijala igrača. Budući da su svi testovi, koji čine bateriju testova, vrlo izvedivi i mogu se lako provoditi tijekom

redovitih treninga ili testiranja, mogu se koristiti i za redovitu procjenu performansi agilnosti i praćenje napretka igrača.

Ograničenja studije

Uzorak se odnosi samo na određenu, mladu dobnu skupinu (U12). Buduća istraživanja trebala bi proučiti igrače različite dobi i razine performansi kako bi se utvrdio utjecaj različitih testova agilnosti na predviđanje budućih teniskih performansi. Također bi trebalo istražiti jesu li teniski specifični testovi reaktivne agilnosti značajniji kod starijih, zrelijih sportaša. Još jedno ograničenje studije je ručno mjerenje vremena rezultata sudionika. Prilikom odabira testova agilnosti, autori su se odlučili za izvedivost i ponovljivost, a ne za testove sa sofisticiranijom tehničkom opremom, poput fotoćelija i sustava rasvjete. Naravno, korištenje elektroničkih sustava za mjerenje vremena uvijek je dodatni bonus koji smanjuje pogreške u mjerenju. Međutim, ručno mjerenje vremena i dalje je održiva metoda za trenere koji nemaju pristup skupoj opremi. Osim toga, provedena su tri pokušaja za svaki test kako bi se smanjila pogreška u mjerenju.

Konačno, u ovoj studiji nisu provedeni izračuni za određivanje biološke dobi sudionika, budući da nisu pronađene značajne razlike između tri kategorije razine uspješnosti u smislu kronološke dobi, visine i težine sudionika. Međutim, korištenje metoda za određivanje biološke dobi mladih sudionika, poput predviđanja vršne brzine visine (PHV), može pružiti dodatni uvid u karakteristike uzorka studije, budući da biološka dob sudionika može utjecati na uspješnost igrača u mlađim kategorijama (Lloyd i sur., 2014). Stoga, ako se uzorak sastoji od sudionika u osjetljivoj razvojnoj dobi, preporuka je da se budućim studijama u metode istraživanja uključe izračuni sazrijevanja.

4.1.6 Zaključak

Rezultati studije ukazuju na to da različiti testovi agilnosti imaju potencijal razlikovati različite razine kvalitete mladih tenisača, bez obzira na to koja se vrsta testa (generički COD/teniski COD/teniski specifični reaktivni) koristi. Iako je tenis izuzetno složena sportska igra s mnogim čimbenicima koji utječu na natjecateljsku izvedbu igrača,

različiti testovi agilnosti mogu se smatrati korisnim alatima za predviđanje buduće razine uspješnosti mladih tenisača.

Rezultati studije mogli bi biti važni za teniske trenere jer naglašavaju važnost agilnosti za postizanje natjecateljskih rezultata u tenisu. Također sugeriraju da treneri mogu koristiti različite testove agilnosti za identifikaciju talentiranih igrača u mlađim kategorijama. Nadalje, rezultati sugeriraju da jednostavniji generički COD testovi agilnosti mogu trenerima pružiti jednako relevantne informacije kao i složeniji testovi specifični za tenis. S obzirom na to da su testovi provedeni u mlađoj dobnoj skupini (U12), dobiveni rezultati mogli bi također ukazivati na to da su generički testovi agilnosti COD bolji ili barem jednako prikladni za trenere, sve dok igrači ne dosegnu određenu dob i razinu tehničke vještine.

Buduća istraživanja, na različitim dobnim skupinama i razinama performansi, potrebna su kako bi se dodatno utvrdila važnost i uloga različitih testova agilnosti u procjeni performansi i potencijala mladih tenisača.

4.2 **Izvorni znanstveni rad 2**: Razvoj, pouzdanost i diskriminativna valjanost obzirom na razinu uspješnosti, novog badminton-specifičnog testa reaktivne agilnosti

Izvorni znanstveni rad 2: Jelaska, G.; Martinent, G.; Yaodong, G.; Faber, I.; Munivrana, G. (2026). Development, reliability and performance level discriminative validity of a new badminton-specific reactive agility test. *Acta Kinesiologica*, *20*(2); 69-77. doi: 10.51371/issn.1840-2976.644

Časopis: Acta Kinesiologica

Kvartil u kategoriji „Sport Science“: Q2

Rukopis predan na međunarodnu recenziju: 02.10.2025.

Rukopis prihvaćen za objavljivanje: 05.11.2025.

Rukopis objavljen: 17.06.2026.

Čimbenik odjeka: 2,4

Indeksiranost časopisa: Web of Science Emerging Sources Citation Index (ESCI), Scopus, NLM USA, CAB Direct, CSA Illumina, Dimdi, OvidSP, EBSCO, ProQuest, Thomson Web of Knowledge, Dialog, Datastar, SilverPlatter WorldCat, FirstSearch, NetLibrary, SPARC Europe, Index Copernicus, COBIS BH, Thomson End Note, SAGE Collection, Google Scholar, Urlich's Web, NewJour, Open J-Gate, STN International, SafetyLit, OCLC, FSO, Wittenberg Thomas Lib.

4.2.1 Sažetak i ključne riječi

Glavni cilj ovog istraživanja bio je usporediti različite generičke i teniske testove agilnosti kako bi se utvrdilo mogu li i u kojoj mjeri mogu razlikovati mlade tenisače u smislu njihovog natjecateljskog uspjeha te mogu li se koristiti kao alat za identifikaciju talentiranih igrača u mlađim teniskim kategorijama.

U testovima je sudjelovalo trideset i troje mladih tenisača, 21 dječak i 12 djevojčica (11,05 ± 0,59 godina), koji su se svi natjecali na nacionalnoj razini u kategoriji U12 i bili su podijeljeni u tri različite kategorije performansi. I intra-subjektna kao i inter-subjektna pouzdanost pokazala se visokom za sve korištene testove agilnosti (Cα 0,87 - 0,97; ICC 0,83 – 0,94). Rezultati su također pokazali konstruktnu valjanost korištene baterije testova, budući da je izdvojena značajna latentna dimenzija i svi testovi su prilično ravnomjerno projicirani na zajednički faktor. ANOVA između subjekata pokazala je da rezultati različitih testova agilnosti mogu uspješno razlikovati mlade tenisače u smislu njihove natjecateljske uspješnosti. Igrači koji su pripadali višoj razini uspješnosti postigli su bolje rezultate u svim korištenim testovima agilnosti. Međutim, razlike su bile značajne samo između igrača s „visokom“ (1.) i „niskom“ (3.) razinom uspješnosti u svim korištenim testovima, te dodatno između igrača s „prosječnom“ (2.) i „niskom“ (3.) razinom uspješnosti u tri testa agilnosti specifičnim za tenis ($p < 0,05$).

Rezultati studije ukazuju na to da testovi agilnosti imaju potencijal razlikovati mlade tenisače različitih razina kvalitete, bez obzira na to koja se vrsta testa (generički/teniski specifični unaprijed planirani/teniski specifični reaktivni) koristi.

Ključne riječi: sportovi s reketom, promjena smjera, evaluacija performansi, metrijske karakteristike, natjecateljski uspjeh

4.2.2 Uvod

Zbog potrebe za naglim ubrzanjem, usporavanjem i promjenom smjera (COD), agilnost je prepoznata kao ključna komponenta fizičkih performansi u svim sportovima s reketom (Huijgen i sur., 2021). Znanstvena literatura definira agilnost kao sposobnost brze i precizne promjene smjera (Clarke, 1959; Johnson i Nelson, 1969; Barrow i McGee, 1971; Mathews, 1973; Lloyd i sur., 1994). Međutim, takva definicija ne uzima u obzir temeljnu činjenicu da se promjene smjera u sportu obično događaju kao odgovor na podražaj specifičan za sport. Stoga su Sheppard i Young (2006) definirali agilnost kao brzo kretanje cijelog tijela s promjenom brzine ili smjera kao odgovor na vanjski podražaj. Također je razumno pretpostaviti da bi procjena agilnosti u uvjetima specifičnim za sport uglavnom trebala pružiti odgovarajući profil agilnosti kao važne sposobnosti u svim sportskim igrama (Zemková i Hamar, 2013, 2014).

Sve je veća znanstvena rasprava o tome jesu li specifični testovi agilnosti koji uključuju podražaj specifičan za sport prikladniji i bolje prilagođeni od generičkih, unaprijed planiranih testova agilnosti (Inglis i Bird, 2016). Testiranje agilnosti u uvjetima specifičnim za sport s vanjskim podražajem moglo bi/trebalo bi bolje predstavljati vrstu agilnosti s kojom se igrači suočavaju tijekom poena u sportovima s reketom. To proizlazi iz potrebe da sportaš ubrzava, usporava i brzo mijenja smjer kao odgovor na različite vanjske podražaje u određenim situacijama utakmice. Igrači primaju informacije prvenstveno kao vizualni signal od dolazeće lopte (tj. brzinu, smjer, rotaciju i putanju) i od kretanja protivničkog igrača, pa su njihovi pokreti nelinearni i višesmjerni (Munivrana i sur., 2022). Kako bi uspješno vratili loptu, igrači ne samo da moraju izvoditi brze pokrete specifične za sport, već i ispravno reagirati na odgovarajući podražaj (Huijgen i sur., 2021). Posljedično, agilnost u reket sportovima ne može se smatrati samo fizičkom vještinom (Hojka i sur., 2016), jer proces reagiranja na protivničke akcije tijekom poena u reket sportovima uključuje kombinaciju specifičnih

motoričkih, kognitivnih i tehničkih vještina (Young i sur., 2015). Stoga je razumno pretpostaviti da bi test agilnosti trebao što vjernije replicirati stvarne situacije iz igre kako bi se stvorio najrealniji i najopsežniji profil agilnosti tijekom badmintonske igre. To uključuje reakciju na podražaj, uključivanje reketa i rad nogu specifičan za badminton.

Za razliku od nekih drugih sportova s reketom, gdje pouzdani i valjani testovi reaktivne agilnosti specifični za sport još nisu uspješno korišteni ili se tek razvijaju (Huijgen i sur., 2021; Munivrana i sur., 2022), u badmintonu se koriste već neko vrijeme i pokazuju pouzdane i valjane rezultate. Dva testa brzine i agilnosti specifična za badminton – Badminton Speed Test – BST (Madsen i sur., 2015) i Badcamp (Loureiro i de Freitas, 2016; Loureiro i sur., 2017) – razvijena su s ciljem imitiranja sportski specifičnih situacija u igri, korištenjem obrazaca kretanja specifičnih za badminton i uključivanjem kognitivne komponente "reakcija na podražaj" nasumičnom dodjeljivanjem smjera kretanja pomoću svjetala (Madsen i sur., 2015; Loureiro i de Freitas, 2016; Loureiro i sur., 2017). Iako su neki specifični testovi reaktivne agilnosti već uspješno korišteni u badmintonu, glavni cilj ove studije bio je razviti test reaktivne agilnosti specifičan za badminton koji je praktičniji od postojećih testova za provođenje testova ili samih treninga. Novi test ne zahtijeva nikakvu posebnu tehničku opremu i koristi postojeće karakteristike badmintonskog terena za izvođenje testa.

Prije nego što se ovaj novorazvijeni test agilnosti primijeni u praksi, treba ga testirati na nekoliko mjernih karakteristika (Morrow i sur., 2011), budući da bi se njegova pouzdanost i valjanost trebale procijeniti uz neke od postojećih općih i badmintonskih testova agilnosti. Osim toga, test bi trebao biti povezan s kvalitetom izvedbe igrača kako bi se vidjelo može li se koristiti za uspješno razlikovanje igrača na temelju njihove razine izvedbe i tako poslužiti kao prediktor budućeg uspjeha igrača.

4.2.3 Metode rada

Uzorak ispitanika

Prije studije, potrebna veličina uzorka izračunata je pomoću softvera G*Power (Bonn, Njemačka, Bonn BRD, Sveučilište u Bonnu). Korištenjem združenih estimatora varijabli koje opisuju ishode u prethodno validiranim testovima (Strel i sur., 1997; Metikoš i sur., 1989; Hughes i Bopf, 2005; Hughes, 2006), utvrđeno je da je ukupna veličina uzorka od 22 do 37 optimalna za otkrivanje značajnih učinaka s pogreškom prve vrste od $\alpha = 0,05$ i snagom od 0,80. U ovoj studiji sudjelovalo je ukupno 41 mladih badmintonskih igrača (prosječna dob ± SD 15,72 ± 1,11 godina; prosječna tjelesna težina ± SD 57,02 ± 5,73 kg; prosječna visina ± SD 1,70 ± 0,14 m; prosječni BMI ± SD 19,70 ± 1,11 $kg \cdot m^{-2}$), 21 muškarac i 20 žena. Kriteriji za sudjelovanje zahtijevali su da sudionici imaju iskustvo natjecanja na nacionalnoj razini u svojoj dobnoj kategoriji i da redovito igraju badminton ≥4 godine. Isključeni su oni koji su pretrpjeli ozljedu mišićno-koštanog sustava manje od 6 mjeseci prije testa. Kriteriji za određivanje razine izvedbe igrača uzimali su u obzir dva čimbenika, njihov plasman na rang listi Hrvatskog badmintonskog saveza (HBA) za njihovu dobnu kategoriju i stručnu procjenu njihove razine izvedbe od strane trenera nacionalne reprezentacije. Igrači su podijeljeni u 3 kategorije prema razini izvedbe:

1. Visoka – postigli su izvanredne rezultate u svojim dobnim skupinama i bili su među 20% najboljih igrača u svojoj dobnoj skupini.

2. Prosječna – postižu prosječne rezultate u svojim dobnim skupinama i spadaju među 20–50% najuspješnijih igrača u svojoj dobnoj skupini.

3. Niska – ne postižu značajne rezultate u svojim dobnim kategorijama i nalaze se među 50% najmanje uspješnih igrača u svojoj dobnoj skupini.

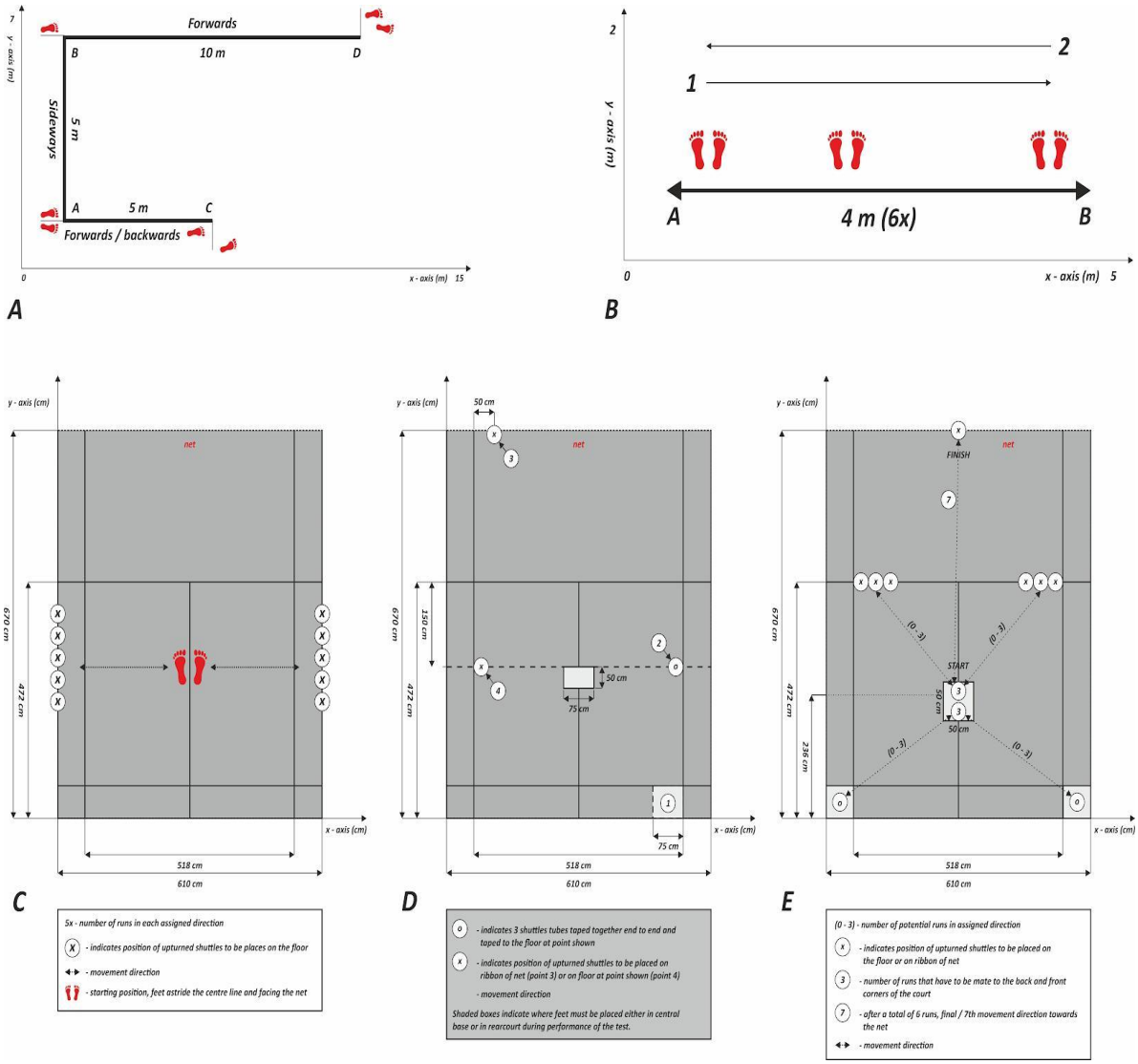
Svi sudionici su obaviješteni da se mogu povući iz studije u bilo kojem trenutku bez ikakvog objašnjenja ili posljedica. Studija je provedena u potpunosti u skladu s Helsinškom deklaracijom i odobrena je od strane Etičkog odbora Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Splitu, Hrvatska (ID:2181-205-0205-22-024). Informirani pristanak dobiven je od roditelja svih igrača uključenih u studiju, budući da su svi sudionici bili maloljetni.

Uzorak varijabli

U ovoj studiji promatrana su dva opća testa agilnosti (Strel i sur., 1997; Metikoš i sur., 1989) i dva već uspostavljena, specifična za badminton, unaprijed planirana testa agilnosti (Hughes i Bopf, 2005; Hughes, 2006), zajedno s novokonstruiranim testom reaktivne agilnosti specifične za badminton (BSA "RAT"). Testovi su opisani na sljedeći način:

Test „*Agilnosti u više smjerova* ABCD" (MDA "ABCD") , koji su razvili Strel i suradnici (1997), generički je test agilnosti koji je po trajanju i obrascu kretanja (Slika 1A) vrlo sličan drugom dobro poznatom i standardno korištenom testu agilnosti u znanstvenoj literaturi (T-TEST), koji su prvi put predstavili Pauole i suradnici (2000). Test lateralne agilnosti "*Koraci u stranu*" (STSLA) (Metikoš i sur., 1989) mjeri sposobnost lateralnog kretanja (s lijeva na desno i obrnuto) (Slika 1B). Test procjenjuje lateralnu brzinu, agilnost i kontrolu tijela. Što se tiče trajanja i obrasca kretanja, test je u biti identičan često korištenom Edgrenovom testu bočnih koraka (Raya i sur., 2013). Badmintonski test agilnosti "*Shuttle Run*" (BSA "SRT") Test agilnosti koji su predstavili Hughes i Bopf (2005) jest test agilnosti koji se izvodi na badmintonskom terenu (Slika 1C). Test koristi unaprijed određeni obrazac kretanja u kojem igrači moraju izvesti deset pokreta što je brže moguće po cijeloj širini badmintonskog terena. Badmintonski test agilnosti „*Na terenu*" (BSA"OAT") koji predstavlja Hughes (2006) je test agilnosti specifičan za badminton koji koristi unaprijed određeni obrazac kretanja kojem je cilj oponašati tipične pokrete igrača badmintona tijekom igre i zahtijeva od igrača izvođenje tehnika igre na označenim točkama na terenu (Slika 1D). Badmintonski test agilnosti "*Reaktivna agilnost*"(BSA "RAT") je novo razvijeni test reaktivne agilnosti specifičan za badminton koji simulira tipične obrasce kretanja igrača u badmintonskoj utakmici (slika 1D), dok smjerove kretanja igračima pseudonasumično dodjeljuje sudac za mjerenje na temelju vizualnih znakova. Kako bi se postigla ekološka valjanost, test uključuje ne samo specifične višesmjerne badmintonske pokrete i tehnike igranja, već i kognitivni odgovor na vizualni podražaj.

Slika 1: Shematski prikaz postavci testova



Detaljnije informacije o testovima koji čine bateriju testova mogu se pronaći u Tablici 1.

Tablica 1. Testovi agilnosti koji čine bateriju testova, kategorizirani prema vrsti mjerene agilnosti i zahtjevima za ispravnu izvedbu testa

NAZIV TESTA (KRATICA)	VRSTA AGILNOSTI	PROSTOR & OPREMA	ZAHTJEVI ZA MJERENJE	OPIS ZADATKA
Višesmjerna agilnost „ABCD“ (MDAABCD)	Generičko unaprijed planirani višesmjerni COD	Stan otvoreni prostor s tvrdom površinom, minimalne veličine 15m × 7m i Ljepljiva traka i štoperica	Jedan mjerač stoji u točki D, provjerava ispravnost izvođenja testa i mjeri vrijeme Vrijeme mjereno u sekundama s točnošću od 0,1 sekunde / Tri izmjerena pokušaja	Početni položaj je u točki A. Sudionik prelazi udaljenost od točke A do točke B i natrag bočnim koracima, sprinta naprijed do točke C i natrag do točke A, bočno koraca do točke B i završava sprint trčanjem do točke D
Lateralna agilnost „Koraci u stranu“ (STSLA)	Generičko unaprijed planirani lateralni COD	Stan otvoreni prostor s tvrdom površinom, minimalne veličine 5m × 2m	Jedan mjerač stoji ispred sudionika, provjerava ispravnost izvršenja testa i mjeri vrijeme	Početni položaj je u točki A. Sudionik pravi bočne korake udesno dok desno stopalo ne prijeđe desnu vanjsku liniju u točki B, a zatim se vraća u stranu u točku A. Test je završen kada sudionik treći put

		i Ljepljiva traka i štoperica	Vrijeme mjereno u sekundama s točnošću od 0,1 sekunde / Tri izmjerena pokušaja	prijeđe startnu/ciljnu liniju u [točki] A.
Badminton - Test specifične agilnosti "Shuttle Run" (BSASRT)	Unaprijed planirani bočni COD specifičan za badminton	Unutarnji teren za badminton i Ljepljiva traka, štoperica, 10 loptica, badmintonski reket.	Jedan mjerač, stoji na središnjoj liniji, provjere ispravno izvođenje testa i mjeri vrijeme. Vrijeme mjereno u sekundama s točnošću od 0,1 sekunde / Tri izmjerena pokušaja	Početni položaj je na središnjoj liniji, sa svakom nogom na svojoj strani linije i natjecateljem okrenutim prema mreži. Na startnu komandu, natjecatelj se kreće bočno po terenu s reketom u ruci koristeći pokrete specifične za badminton. Svakim bočnim pokretom, natjecatelj udara jednu lopticu za drugom dok se svih deset loptica ne udari s bočnih linija terena. Test završava kada natjecatelj udari svih 10 loptica i vrati se na središnju liniju.
Badminton - Specifična agilnost "Test agilnosti na terenu" (BSAOAT)	Višesmjerni COD specifičan za badminton	Unutarnji teren za badminton i Ljepljiva traka, štoperica, 4 šatlovi, 3 cijevi za šatlove, reket za badminton.	Jedan mjerač, stoji na središnjoj liniji, provjere ispravno izvođenje testa i mjeri vrijeme. Vrijeme izmjereno u sekundama s točnošću od 0,1 sekunde / Tri izmjerena pokušaja / Test je nevažeći ako 'hitovi' nisu ispravno izvedeni *(npr. ako se sudionik okrene od mreže ili ako sudionik stekne prednost time što ne stavi nogu u središnji dio kaznenog prostora)*	Početni položaj je u pravokutniku/kutiji dimenzija 75 cm × 50 cm, 150 cm iza kratke servisne linije, koja je centrirana na središnjoj liniji i označena trakom. Sudionik se kreće iz središnje kutije u sredini terena do krajeva terena redoslijedom 1-4 sljedećim redoslijedom: POKRET 1 – izvođenje udarca iznad glave, postavljanjem barem jedne noge u stražnju kutiju; POKRET 2 – dodirivanje vrha tri nepomične cijevi loptice reketom; POKRET 3 – izvođenje neto kill udarca udarcem loptice postavljene na bekhend strani, 150 cm od kratke servisne linije; POKRET 4 – dodirivanje loptice o tlo. Nakon svakog pokreta, igrač se mora vratiti u središnju kutiju i staviti barem jednu nogu u kutiju prije nego što prijeđe na sljedeću točku. Za dovršetak testa, sudionici moraju ponoviti isti slijed dva puta (ukupno 8 pokreta).
Badminton - Specifična agilnost „ Test reaktivne agilnosti" (BSA RAT)	Višesmjerna reaktivna agilnost specifična za badminton	Unutarnji teren za badminton i Ljepljiva traka, štoperica, 7 šatlovi, reket za badminton.	Jedan mjeritelj stoji ispred igrača u sredini terena blizu mreže, određuje smjer kretanja i provjerava ispravno izvođenje testa i mjeri vrijeme. Vrijeme mjereno u sekundama s točnošću od 0,1 sekunde / Tri izmjerena pokušaja / Test nije važeći ako 'hitovi' nisu ispravno izvedeni	Početna pozicija je kvadrat/kutija dimenzija 50 cm × 50 cm, centriran na središnjoj liniji u sredini natjecateljeve polovice badmintonskog terena i označen trakom. Sudionik se kreće iz središnje kutije u smjeru koji nasumično odredi (vizualno i glasovno) sudac za mjerenje. Ako naznačeni smjer pokazuje na jednu od strana na prednjoj strani terena, zadatak sudionika je srušiti jednu od loptica postavljenih na kratkoj servisnoj liniji sa svake strane terena, na udaljenosti od 5, 10 i 15 cm od bočne linije pojedinačnog meča. Ako je ciljani smjer prema jednoj od stražnjih strana terena, sudionik se kreće unatrag od središta terena i izvodi udarac iznad glave (bez loptice), s barem jednom nogom postavljenom unutar pravokutnika ograničenog linijama terena u krajnjem desnom/lijevom dijelu terena. Ne postoji određeni redoslijed kojim mjeritelj upućuje sudionike. Jedino je važno da se tri poteza izvode sa stražnje strane igrališta, a tri poteza s prednje strane. Nakon posljednjeg (šestog) poteza, natjecatelj se posljednji put vraća u središte terena i trči do mreže kako bi izveo udarac za kraj mreže, izbacivši posljednju lopticu koja je prvobitno postavljena na vrh mreže. Vrijeme se zaustavlja.

Opis postupka

Svi testovi provedeni su na badmintonskom terenu u dvorani. Sudionici su nosili sportsku odjeću kao za redovne treninge ili natjecanja. Unutarnja temperatura bila je 19°–23°C s konstantnom vlagom. Svi sudionici su na testove donijeli vlastite badmintonske rekete kako bi izveli testove agilnosti specifične za badminton. Prije testa, jedan od autora ove studije demonstrirao je izvedbu svakog testa sudionicima. Svi sudionici su zatim odradili do 10 minuta treninga zagrijavanja niskog intenziteta. Za sve testove provedena su tri pokušaja s 2–3 minute odmora između pokušaja i desetominutnim razdobljem oporavka između različitih testova. Sudionicima je bilo dopušteno izvesti jedan test niskog intenziteta.

Metode obrade podataka

Podaci svih ispitivanja prikazani su kao srednja vrijednost ± standardna devijacija. Kolmogorov-Smirnov test s Lillieforsovom korekcijom bio je korišten za određivanje odstupanja od normalne distribucije. Za utvrđivanje unutarnje konzistentnosti korišten je Cronbach alfa (α) za određivanje unutarnje konzistentnosti. Koeficijent intraklasne korelacije (ICC) izračunat je kao mjera pouzdanosti i ponovljivosti test-retest. Kao što su predložili Koo i Li (2016), ICC < 0,50 označen je kao loš, između 0,50 i 0,75 kao umjeren, 0,75 i 0,90 kao dobar, a > 0,90 smatra se izvrsnim. Za određivanje konstruktne valjanosti BSA"RAT", eksplorativna faktorska analiza provedena je za sve testove korištenjem metode ekstrakcije faktora glavnih komponenti. Konačno, kako bi se utvrdila diskriminantna valjanost generičkih i badminton-specifičnih testova agilnosti korištenih u odnosu na razinu izvedbe, provedena je jednosmjerna međuispitna ANOVA s post-hoc Bonferronijevom korekcijom, dok je (parcijalni) eta-kvadrat η_p^2 korišten kao mjera veličine učinka, koja je interpretirana kao mala ako je < 0,06, umjerena ako je ≥ 0,06 i < 0,14, te velika ako je ≥ 0,14. T-test za nezavisne uzorke korišten je za ispitivanje značajnosti razlika između spolova u svim kategorijama. Pogreška tipa jedan postavljena je na α=5%. Svi statistički izračuni provedeni su korištenjem softverskog sustava za analizu podataka Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc., 2020).

4.2.4 Rezultati

Deskriptivni statistički parametri za sve realizirane pokušaje i to za svaki od provedenih testova prikazani su u Tablici 2. Korištenjem Kolmogorov-Smirnovljevog testa s Lilliefor's-ovom korekcijom nisu pronađena značajna odstupanja od normalne distribucije za sve promatrane varijable i u svim promatranim kategorijama uspješnosti (P>0,20). Osim toga, t-test za nezavisne uzorke nije identificirao značajne razlike između spolova ni u jednom od testova (P>0,05), zbog čega je uzorak, za sve slijedeće analize, tretiran kao homogen.

Pouzdanost ponovnog testiranja

Analizom pouzdanosti ukazalo se blagi učinak učenja između sukcesivnih izvedbi, što se odrazilo u relativno malim razlikama u srednjim vrijednostima između pokusa (Tablica 2).

Tablica 2. Srednja vrijednost ± standardna devijacija (M ± SD) i mjere pouzdanosti generičkih i badmintonskih testova agilnosti

	Proba 1 (M ± SD)	**Proba 2** (M ± SD)	**Proba 3** (M ± SD)	**ICC**	**Cα**	***P***
MDAABCD" (s)	11,17±1,17	10,79± 0,97	10,79± 0,97	.892	.97	> 0,20
STSLA (s)	09,38±1,20	9,02±1,31	9,12±1,37	.914	.98	> 0,20
BSASRT (e)	17,44±2,85	17,15±3,26	16,73±2,92	.794	.97	> 0,20
BSAOAT (e)	19,63±2,92	18,81±2,74	18,05±2,46	.879	.93	> 0,20
BSARAT (i)	17,92±2,30	17,40±2,14	17,08±2,22	.877	.97	> 0,20

Napomena. MDA"ABCD" - Agilnost u više smjerova „ABCD", STSLA - Lateralna agilnost „Koraci u stranu", BSASRT - Agilnost specifična za badminton „Test trčanja s loptom", BSAOAT - Agilnost specifična za badminton „Test agilnosti na terenu", BSARAT - Agilnost specifična za badminton „Test reaktivne agilnosti", Intraklasni koeficijent korelacije (ICC), Cronbach alfa (α); značajnost Kolmogorov-Smirnovljevog testa (P).

Vrijednosti Cronbach alfa (Tablica 2) pokazale su vrlo visoku unutarnju konzistentnost za sve varijable (Cα se kretao od 0,93 do 0,98). Osim toga, ICC se kretao od 0,79 za specifični test lateralne agilnosti u badmintonu (BSA „SRT"), što se smatra dobrim

slaganjem rezultata mjerenja, do 0,91 za generički test lateralne agilnosti (STSLA), što je prema Koo i Li-u (2016) pokazatelj izvrsne ponovljivosti rezultata mjerenja. Novorazvijeni BSA „RAT“ pokazao je (Tablica 2) vrlo visoku unutarnju konzistentnost između pokušaja ($\alpha = 0,97$) i „dobru“ ponovljivost rezultata mjerenja (ICC = 0,877).

Rezultati jednosmjerne ANOVA-e provedene s ciljem utvrđivanja diskriminativne valjanosti novodizajniranog testa agilnosti i cijele baterije testova u odnosu na tri kategorije razine uspješnosti mladih badmintonista pokazali su značajne razlike unutar svih testova (Tablica 3).

Tablica 3. Razlike u rezultatima testova između skupine igrača kategoriziranih prema razini natjecateljske uspješnosti, vrijednosti izražene kao M ± SD, osim za spol (omjer M/Ž) .

TESTOVI AGILNOSTI	**Grupe kvalitete**			**ANOVA**			**Faktorska Analiza**
	1. Visoka ($n_1 = 12$)	**2. Prosječna** ($n_2 = 14$)	**3. Niska** ($n_3 = 15$)	**F**	***P***	η_p^2	**Faktor**
MDAABCD (s)	10,49 [3] ± 0,98	10,72± 0,95	11,44± 0,80	4.14	0,02	.18	- 0,88
STSLA (s)	8,63 [3] ±1,17	8,93±1,14	9,84±1,20	4,00	0,03	.17	- 0,93
BSASRT (s)	15,48 [3] ±2,20	16,34 [3] ±2,10	19,12±2,15	7,69	< 0,001	.29	- 0,87
BSAOAT (i)	17,13 [3] ±2,08	18,42 [3] ±1,76	20,57±2,24	7,91	< 0,001	.29	- 0,96
BSARAT (i)	15,92 [3] ±1,81	17,44±1,89	18,74±1,90	7,58	< 0,001	.29	- 0,94
Dob (god.)	14,61±3,01	14,65±1,48	14,30±2,36	.48	.62	0,02	
Visina (cm)	170,42±13,01	167,21±10,53	169,03±13,06	.32	.60	.14	
Spol (M/Ž)	7/5	7/7	7/8				

Napomena. MDAABCD - Agilnost u više smjerova „ABCD“, STSLA - Lateralna agilnost „Koraci u stranu“, BSASRT - Agilnost specifična za badminton „Test trčanja s lopticom“, BSAOAT - Agilnost specifična za badminton „Test agilnosti na terenu“, BSARAT - Agilnost specifična za badminton „ Test reaktivne agilnosti“; ANOVA F vrijednost (F), razina značajnosti (*P*), parcijalni eta kvadrat (η_p^2) , [3] - značajno različito od *niske* razine izvedbe; korelacije testova s glavnom komponentom izdvojene pomoću faktorske analize (Faktor).

Post-hoc Bonferronijeva korekcija primijenjena je kako bi se dobio dodatni uvid u strukturu dobivenih razlika. Rezultati pokazuju da u BSA "RAT" testu, kao i u svim ostalim testovima agilnosti u bateriji testova, postoje značajne razlike između igrača visoke i niske razine. Osim toga, značajne razlike pronađene su i između igrača prosječne i niske razine u BSA " SRT" i BSA " OAT" .

Nadalje, rezultati eksplorativne faktorske analize pokazali su da je izdvojena značajna latentna dimenzija koja objašnjava 84% zajedničke varijance baterije testova. Svih pet testova agilnosti koji su činili bateriju testova imali su visoko opterećenje zajedničkim

faktorom, s najnižom projekcijom na zajednički faktor od 0,87 koju je pokazao BSA „SRT“, a najvišom projekcijom od 0,96 koju je pokazao BSA „OAT“. Novodizajnirani BSA „RAT“ ima drugu najveću projekciju na zajednički faktor od 0,94, samo malo nižu od BSA „OAT“ testa, kojem strukturno najviše nalikuje.

4.2.5 Rasprava

Agilnost je nesumnjivo vrlo važna sposobnost u badmintonu. Natjecatelji u badmintonu moraju biti sposobni izvoditi brze, višesmjerne pokrete kako bi se postavili u najbolji mogući položaj za udarac lopte, što im omogućuje tehnički uspješan udarac (Hughes i Bopf, 2005; Faude i sur., 2007). Stoga je razvoj odgovarajućih testova za procjenu i praćenje razvoja u različitim fazama igračeve karijere važan zadatak za trenere i sportske znanstvenike uključene u razne aspekte badmintonskog treninga i odgovarajuća znanstvena istraživanja. Međutim, prije nego što se novoizrađeni test upotrijebi u praksi, treba testirati njegove metrijske karakteristike (Morrow i sur., 2011) i usporediti s nekim već validiranim i često korištenim općim i badminton-specifičnim testovima agilnosti. Dobra test-retest pouzdanost najvažniji je preduvjet za ponovljivost i reproducibilnost testova. To je mjera stabilnosti rezultata i pokazuje u kojoj mjeri se rezultati mogu razlikovati jedni od drugih unatoč pogreškama mjerenja (Hays i sur., 1993). Budući da su i intra-subjektna i inter-subjektna pouzdanost važni pokazatelji ukupne kvalitete testa, u ovoj su studiji korištene različite mjere pouzdanosti kako bi se utvrdila inter-subjektna i intra-subjektna pouzdanost novog testa. Rezultati novodizajniranog BSA "RAT" pokazali su (Tablica 2) vrlo visoku intersubjektnu pouzdanost, jer visoke vrijednosti Cronbachovog alfa koeficijenta ($\alpha = 0,97$) dokazuju da su sudionici zapravo zadržali svoj relativni položaj na mjernoj ljestvici u usporedbi s drugim sudionicima testa tijekom ponovljenih mjerenja. S druge strane, rezultati jednosmjerne ANOVA pokazali su da je pouzdanost BSA "RAT" testa unutar ispitanika nešto niža, jer su pronađene značajne razlike između rezultata testa u ponovljenim mjerenjima. To ukazuje na sustavne promjene u učinku sudionika između pokusa testiranja. S obzirom na rezultate mjera pouzdanosti prikazanih gore, nije neočekivano da ICC, koji odražava i intrasubjektnu i intersubjektnu pouzdanost, ima nešto niže vrijednosti od Cronbachovog alfa koeficijenta. Međutim, vrijednosti ICC-a dobivene u

BSA "RAT" (0,88) mogu se smatrati umjerenima do visokima prema standardima koje su predložili Koo i Li (2016). Istovremeno, ove ICC vrijednosti pokazale su se identičnima drugom testu agilnosti specifičnom za badminton (BSA "OAT"), kojem je strukturno najsličniji unutar korištene baterije testova. Sveukupno se može zaključiti da je novodizajnirani test reaktivne agilnosti za mjerenje specifične agilnosti u badmintonu (BSA "RAT") ekološki valjan i ima vrlo visoku unutarnju konzistentnost između testova, kao i zadovoljavajuću ponovljivost.

Manje fluktuacije u rezultatima testova, kod ponovljenih mjerenja, mogu se objasniti prvenstveno efektima učenja koji se odražavaju u sustavnom poboljšanju rezultata koje su sudionici postigli između pokušaja testiranja. Ovaj obrazac pojavio se u cijeloj bateriji testova, što nije iznenađujuće, s obzirom na to da je svaki sudionik prvi put izvodio ove testove. U usporedbi s rezultatima prethodnih studija, pouzdanost ponovnog testiranja novorazvijenog testa reaktivne agilnosti (BSA "RAT") pokazala se vrlo konzistentnom s drugim uobičajeno korištenim testovima brzine i agilnosti specifičnim za badminton: BST (Madsen i sur., 2015), BSST (Hughes i sur., 2016) i Badcamp (Loureiro i de Freitas, 2016; Loureiro i sur., 2017), koji su svi pokazali dobru do izvrsnu pouzdanost ponovnog testiranja, te bolju od MDCT (Paterson i sur., 2016) i MRSAB (Phomsoupha i sur., 2018), koji su oba pokazali umjerenu pouzdanost.

Konstruktna valjanost novodizajniranog testa

Rezultati eksplorativne faktorske analize pokazali su da svih pet testova brzine i agilnosti koji su činili bateriju testova imaju visoku projekciju na zajednički faktor (Tablica 3.). Budući da je izdvojena samo jedna latentna dimenzija, koja objašnjava 84% zajedničke varijance korištene baterije testova, može se pretpostaviti da korišteni testovi u značajnoj mjeri mjere isti konstrukt. Također je pokazano da BSA "RAT" zajedno s BSA "OAT" ima najveću projekciju na zajednički faktor (0,94 i 0,96). Očito je da složeniji testovi agilnosti specifični za badminton, koji koriste višesmjerne obrasce kretanja i osmišljeni su za simuliranje kretanja i izvođenja udarca igrača badmintona u stvarnoj igri, objašnjavaju više varijance zajedničke latentne dimenzije od općih ili jednostavnijih specifičnih testova agilnosti korištenih u ovoj studiji.

Iako je BSA "RAT" reaktivni test agilnosti, osmišljen za mjerenje i kognitivnih i fizičkih aspekata agilnosti, a BSA "OAT" test, osmišljen za pokrivanje samo fizičke

strane agilnosti kao COD test, pretpostavlja se da mjeri dva teoretski različita aspekta agilnosti (unaprijed planiranu i reaktivnu), njihov doprinos objašnjenju zajedničke varijance gotovo je identičan. Hipoteza da postoje razlike u karakteristikama mjerenja između unaprijed planiranih i reaktivnih testova agilnosti specifičnih za badminton nije podržana u slučaju ove istraživačke studije i za ovaj uzorak sudionika. Ukratko, novodizajnirani BSA "RAT" ima visoku faktorsku valjanost u usporedbi s već uspostavljenim i validiranim generičkim i testovima agilnosti specifičnim za badminton, jer ima visoku projekciju (0,94) na zajedničku latentnu dimenziju, što se pretežno može objasniti testovima agilnosti specifičnim za badminton.

Rezultati ANOVA-e za nezavisne uzorke, koja je provedena s ciljem utvrđivanja diskriminativne valjanosti testova korištenih u odnosu na tri kategorije performansi specifične za natjecanje, pokazali su (Tablica 3) statistički značajne razlike između tri skupine igrača i njihove performanse u svim generičkim i badminton-specifičnim testovima agilnosti. Kako bi se dobio dodatni uvid u strukturu pronađenih razlika, provedena je post-hoc Bonferronijeva korekcija. Rezultati su pokazali da su za novi BSA "RAT" test, kao i za sve ostale testove agilnosti u bateriji testova, razlike između igrača s visokom (1. kategorija) i niskom razinom performansi (3. kategorija) bile značajne. U dva badminton-specifična testa agilnosti (BSA "SRT"; BSA "OAT"), značajne razlike pronađene su i između igrača s prosječnom razinom (2. kategorija) i igrača s niskom razinom (3. kategorija). Iako te razlike nisu bile statistički značajne u ostalim testovima koji čine bateriju testova, jasan trend u korist uspješnijih igrača može se vidjeti u srednjim vrijednostima. Nisu pronađene značajne razlike između igrača visoke razine (1. kategorija) i igrača prosječne razine (2. kategorija) ni u jednom od korištenih testova, iako su razlike između kategorija vidljive iz prosječnih rezultata testova. Dobiveni rezultati pokazuju da BSA "RAT" može razlikovati mlade badmintoniste u smislu njihove natjecateljske uspješnosti, kao što je bio slučaj i sa svim ostalim testovima agilnosti koji su činili bateriju testova. Ova studija nije otkrila da različiti generički i badmintonski specifični testovi agilnosti značajno razlikuju igrače u smislu njihove natjecateljske uspješnosti. Rezultati su u skladu s drugim studijama koje su procjenjivale diskriminativnu sposobnost testova agilnosti u badmintonu. Dva često korištena testa specifična za badminton, BSST (Hughes i sur., 2016) i Badcamp (Loureiro i de Freitas, 2016; Loureiro i sur., 2017), pokazala su značajno bolje rezultate kod igrača više razine, kao i djelomično specifični MRSAB (Phomsoupha i sur., 2018) i

nespecifični "505 Agility Test" (Güçlüöver i sur., 2012), koji su također pokazali bolje rezultate kod igrača više razine.

Može se zaključiti da je BSA "RAT" ekološki valjan i pouzdan instrument koji se, zajedno s drugim općim i badminton-specifičnim testovima agilnosti korištenim u ovoj studiji, može smatrati korisnim za predviđanje natjecateljske uspješnosti mladih badmintonista.

Praktične primjene

U usporedbi s drugim testovima reaktivne agilnosti specifičnim za badminton koji se danas koriste, najveća snaga novog (BSA "RAT") testa leži u njegovoj izvedivosti i praktičnosti. Novodizajnirani test ne zahtijeva sofisticiranu mjernu opremu (npr. fotoćelije), što se u početku može smatrati nedostatkom, jer je ručno mjerenje vremena testa štopericom, svakako, manje pouzdano nego, na primjer, s fotoćelijama. Međutim, potencijalna pogreška mjerenja trebala bi se smanjiti planiranjem testa za tri izmjerena pokušaja. Činjenica da test ne zahtijeva sofisticiranu tehničku opremu i da može koristiti postojeće značajke badmintonskog terena ujedno je i njegova glavna prednost, što ga čini izuzetno praktičnim za redovitu provedbu, bilo da se radi o redovitim treninzima ili organiziranim pokušajima testiranja.

4.2.6 Zaključak

Novi badminton-specifični test reaktivne agilnosti (BSA "RAT") razvijen je s ciljem da se badmintonskim praktičarima pruži jednostavan instrument za procjenu motoričkih i kognitivnih aspekata agilnosti kod igrača badmintona. Rezultati studije potvrđuju konstruktnu valjanost novog testa. Njegova pouzdanost ponovnog testiranja također je u skladu s drugim uobičajeno korištenim badminton-specifičnim testovima brzine i agilnosti, s kojima novi test također dijeli sposobnost uspješnog razlikovanja igrača badmintona različitih razina performansi. U usporedbi s drugim testovima reaktivne agilnosti specifičnim za badminton koji se danas koriste, najveća snaga novog testa leži u njegovoj izvedivosti i praktičnosti. Novi BSA "RAT" test ne zahtijeva specijaliziranu tehničku opremu i minimalno vrijeme pripreme, što ga čini vrlo praktičnim za redovito testiranje ili treninge. Iako novi test pokazuje obećavajuće rezultate i ima potencijal za

široku primjenu u praksi, svakako se preporučuju nova istraživanja, po mogućnosti s homogenijim uzorcima igrača badmintona s obzirom na spol i dob, kako bi se dodatno utvrdio puni potencijal testa.

4.3 **Izvorni znanstveni rad 3:** Ograničena diskriminativna vrijednost testova perceptivno-motoričkih vještina i općih motoričkih sposobnosti za kasniju razinu natjecateljske uspješnosti u vrhunskih mladih stolnotenisača

Izvorni znanstveni rad 3: Faber, I.; Jelaska, G.; Munivrana, G. (2026). Limited discriminative value of perceptuomotor skills and general motor ability tests for subsequent competitive performance levels in elite youth table tennis (2026). *Journal of Sport Science and Medicine*, Prihvaćen za objavljivanje.



Časopis: Journal of Sport Science and Medicine

Kvartil u kategoriji „Sport Science“: Q1

Rukopis predan na međunarodnu recenziju: 05.05.2026.

Rukopis prihvaćen za objavljivanje: XX.09.2026.

Rukopis objavljen: Objava u procesu.

Čimbenik odjeka: 4,1

Indeksiranost časopisa: SCI Expanded, Focus on: Sports Science & Medicine, SciSearch, MEDLINE/PubMed, PubMed Central, ProQuest (Physical Education Index), ProQuest (Nursing & Allied Health Database), CAB Abstracts, SCOPUS, Index Copernicus, EBSCO, SPORTDiscus, J-Gate, GALE, GoogleScholar, ERA and SPONET.

4.3.1 Sažetak i ključne riječi

Glavni cilj istraživanja bio je ispitati diskriminiraju li testovi perceptivno-motoričkih vještina i općih motoričkih sposobnosti, izmjereni u mladoj dobi (U13), mlade

stolnotenisačima koji kasnije postižu različite razine natjecateljske uspješnosti. Uzorak se sastojao od 82 vrhunska europska mlada igrača (u dobi od 11,8 ± 0,67 godina; 50 dječaka, 32 djevojčice). Temeljem njihovih kasnijih rezultata u pojedinačnoj konkurenciji na Europskim prvenstvima za mlade (2017.-2026.), sudionici su kategorizirani u visoko (n=26), prosječno (n=28) i nisko (n=28) uspješne. Baterija testova procjenjivala je perceptivno-motoričke vještine (koordinaciju oka i ruke, agilnost s lopticom) i opće motoričke sposobnosti (brzinu promjene smjera, aerobni kapacitet, snagu i izdržljivost gornjeg dijela tijela, eksplozivnu snagu nogu i fleksibilnost). Korištena je ANCOVA s grupom uspješnosti i spolom kao fiksnim faktorima te dobi na testiranju kao kovarijatom. Nakon prilagodbe za spol i dob na testiranju, nisu pronađeni značajni učinci skupine uspješnosti za teorijski središnje ishode testova, uključujući koordinaciju oka i ruke, agilnost s lopticom, brzinu promjene smjera i skok u dalj iz mjesta. Intervalni shuttle run bio je jedini ishod koji je pokazao učinak skupine uspješnosti u konvencionalnoj ANCOVA-i (p=0,024), ali taj učinak nije ostao značajan uz HC3-robusnu inferenciju (p=0,065), a nije primijenjena korekcija za višestruka testiranja na osam ishoda. Ovi nalazi sugeriraju da, unutar visoko homogene i već selekcionirane, vrhunske, mlade, stolnoteniske populacije, procjene perceptivno-motoričkih i općih motoričkih sposobnosti imaju ograničenu diskriminativnu vrijednost za razlikovanje igrača koji na Europskim prvenstvima za mlade kasnije postižu različite razine. To ne znači da takve procjene nemaju praktičnu vrijednost; njihova uloga može biti jasnija u širim kontekstima otkrivanja talenata, identifikacije talenata i razvoja talenata.

Ključne riječi: reketni sportovi, sposobnost, darovita djeca, rast i razvoj

4.3.2 Uvod

Identifikacija i razvoj talenata u sportu mladih ostaje jedan od najsloženijih i najviše raspravljanih izazova u suvremenoj sportskoj znanosti. Još od ranih radova Galtona (1865.), rasprave o relativnom doprinosu naslijeđenih sposobnosti i utjecaja okoline oblikovale su teorijske i primijenjene perspektive o vrhunskoj izvedbi. Iako je teorija namjerne prakse naglašavala središnju ulogu strukturiranog treninga u razvoju stručnosti (Ericsson i sur., 1993.), suvremena znanstvena razmatranja usmjeravaju se prema integrativnoj perspektivi koja prepoznaje da vrhunska izvedba proizlazi iz

dinamičkih interakcija između bioloških predispozicija, psiholoških karakteristika, motoričkih kompetencija i okolišnih ograničenja (Davids i Baker, 2007; Baker i sur., 2012; Jonker i sur., 2010; Elferink-Gemser i sur., 2011; Tucker i Collins, 2012). Unutar sportskih znanosti, talent se konceptualizira kao višedimenzionalan, dinamičan i multiplikativan proces, a ne kao jedan izolirani atribut (Simonton, 2001; Abbott i sur., 2005; Vaeyens i sur., 2008; Phillips i sur., 2010; Faber i sur., 2015a; Doherty i sur., 2018; Baker i sur., 2019). Pregled osobnih determinanti talenata kod mladih sportaša u reketnim sportovima ukazuje da instrumenti za procjenu perceptivno-kognitivnih, motoričkih i funkcionalnih sposobnosti pokazuju diskriminativnu valjanost između razina izvedbe (Ooi i sur., 2009; Fernandez-Fernandez i sur., 2014; Ulbricht i sur., 2016; Phomsoupha i sur., 2018; Faber i sur., 2023; Munivrana i sur., 2025; Jelaska i sur., 2026). Međutim, longitudinalni dokazi o tome jesu li rano mjerljive karakteristike povezane s kasnijim natjecateljskim uspjehom iz studija koje koriste dosljedne nacrte istraživanja još uvijek su oskudni (Faber i sur., 2015a; Nijenhuis i sur., 2024). Ovo metodološko ograničenje naglašava potrebu za prospektivnim, longitudinalnim, istraživačkim nacrtima sposobnim za procjenu diskriminativne vrijednosti ranih testnih ishoda za kasnije razine izvedbe. Predloženi su višedimenzionalni profili koji integriraju antropometrijske, motoričke, psihološke varijable i povijest treninga kako bi se bolje obuhvatili složeni razvojni putovi koji su u podlozi vrhunskog postignuća (Faber i sur., 2015a; Doherty i sur., 2018; Nijenhuis i sur., 2024).

U reketnim sportovima, poput stolnog tenisa, izvedba je inherentno višedimenzionalna. Igrači moraju izvoditi precizne motoričke radnje pod ozbiljnim vremenskim ograničenjima u dinamičnom i stalno promjenjivom okruženju (Lees, 2003; Pfeiffer i sur., 2010; Akpinar i sur., 2012; Faber i sur., 2014; Fuchs i sur., 2018). Uspješna izvedba ovisi o brzoj perceptivnoj obradi i anticipaciji, profinjenoj mehanici udaraca, kontroli držanja tijela, eksplozivnom radu nogu i kontinuiranoj prilagodbi na varijacije u brzini loptice, rotaciji i putanji (Munivrana i sur., 2015a, 2015b; Fuchs i sur., 2018). Na vrhunskoj (mlađoj) razini, izvedba, također, odražava stručnost u servisu i primanju servisa, taktičko i strateško odlučivanje, prilagodbu protivnicima te psihološke sposobnosti poput kontrole pažnje, samopouzdanja i regulacije emocija (Doherty i sur., 2018; Munivrana i sur., 2015a, 2015b). Iako se pojedinačni poeni obično sastoje od kratkih, visoko intenzivnih akcija, igrači se moraju višestruko oporavljati se od tih

napora tijekom mečeva i turnira, što postavlja značajne zahtjeve na brzinu, agilnost i aerobni kapacitet oporavka (Kondrič i sur., 2013; Doherty i sur., 2018).

Zbog tih složenih i međusobno povezanih zahtjeva izvedbe, mladi igrači, koji teže vrhunskoj razini, često započinju strukturirani trening između 4 i 8 godina starosti i mogu zahtijevati do dva desetljeća kontinuiranog treniranja prije nego što postignu vrhunsku međunarodnu izvedbu (Faber i sur., 2020; 2023). Takvi dugotrajni razvojni putovi povećavaju važnost rane i točne identifikacije talenata.

Unutar ovog višedimenzionalnog okvira, perceptivno-motoričke vještine dobile su posebnu pozornost u stolnom tenisu. Koordinacijske sposobnosti poput koordinacije oka i ruke, kontrole lopte, agilnosti i brzog rada nogu smatraju se temeljnima za usvajanje naprednih sportsko-specifičnih tehničkih vještina (Faber i sur., 2014; Faber i sur., 2023). Empirijski dokazi pokazuju da testovi koordinacije oka i ruke mogu uspješno razlikovati razine izvedbe kod mladih igrača i pokazuju značajne istodobne povezanosti s natjecateljskim ishodima (Faber i sur., 2014). Što je još važnije, longitudinalni nalazi ukazuju da su više razine perceptivno-motoričkih vještina u djetinjstvu, povezane i sa smanjenim rizikom od odustajanja od sporta ali i s boljom budućom natjecateljskom izvedbom tijekom 9-godišnjeg razvojnog razdoblja (Faber i sur., 2023). Ovi nalazi pružaju rijetke, prospektivne dokaze koji podržavaju prediktivnu relevantnost perceptivno-motoričkih kompetencija u stolnom tenisu za mlade.

Ipak, vrhunska izvedba, u sportu općenito, a posebno u stolnom tenisu, vjerojatno nije određena isključivo perceptivno-motoričkom stručnošću (Davids i Baker, 2007). Višedimenzionalni modeli izvedbe naglašavaju istodobnu važnost fizičkih, psiholoških i razvojnih čimbenika (Doherty i sur., 2018; Faber i sur., 2015a). Kod mladih sportaša, opća motorička koordinacija i fizička kondicija pokazali su se kao prediktori kasnije vrhunske izvedbe u sportovima rane specijalizacije, s longitudinalnim dokazima koji ukazuju da sposobnosti koje nisu sportski-specifične ipak objašnjavaju značajan dio varijance u budućem natjecateljskom uspjehu (Elferink-Gemser i sur., 2007; Ooi i sur., 2009; Vandorpe i sur., 2012; Pion i sur., 2015; Munivrana i sur., 2025). Kod mladih stolnotenisača, opće motoričke sposobnosti – poput sprinta, agilnosti i eksplozivne snage – mogu izravno doprinositi natjecateljskoj izvedbi i neizravno olakšavati usvajanje tehničkih vještina omogućavanjem većeg intenziteta i volumena treninga (Faber i sur., 2017; Pradas i sur., 2022). Ovi nalazi sugeriraju da opće motoričke

karakteristike mogu izravno doprinositi ishodima izvedbe i neizravno olakšavati usvajanje naprednih sportsko-specifičnih vještina.

Ukupno gledajući, prethodna istraživanja su utvrdila (a) višedimenzionalnu i dinamičnu prirodu talenata u reketnim sportovima (Faber i sur., 2015a; Nijenhuis i sur., 2024), (b) diskriminativnu i longitudinalnu relevantnost perceptivno-motoričkih vještina u stolnom tenisu za mlade (Faber i sur., 2014; Faber i sur., 2016; Faber i sur., 2023) i (c) potencijalnu vrijednost višedimenzionalnih pristupa profiliranja koji uključuju fizičke i razvojne varijable (Doherty i sur., 2018). Međutim, još uvijek je nejasno jesu li takve procjene dovoljno osjetljive za razlikovanje između kasnijih razina izvedbe unutar već visoko selekcionirane, vrhunske, mlade populacije.

Stoga je svrha ovog istraživanja bila ispitati prospektivnu diskriminativnu vrijednost testova perceptivno-motoričkih vještina i općih motoričkih sposobnosti za kasnije razine natjecateljske uspješnosti u vrhunskih mladih stolnotenisača. Usvajanjem longitudinalne perspektive natjecateljske izvedbe unutar visoko selekcioniranog uzorka, ovo istraživanje imalo je za cilj razjasniti u kojoj mjeri rano mjerljivi testni ishodi mogu razlikovati igrače koji kasnije postižu različite razine vrhunske izvedbe kod juniora.

4.3.3 Metode rada

Uzorak ispitanika

Uzorak se sastojao od 82 vrhunska mlada europska igrača (50 dječaka, 32 djevojčice; u dobi od 11,8 ± 0,67 godina; visina 150,7 ± 7,77 cm; tjelesna masa 42,5 ± 8,18 kg) koji su sudjelovali na završnim selekcijskim kampovima Eurotalents Europske stolnoteniske unije (ETTU) održanim u Otočcu, Slovenija, u listopadu 2016., 2017. i 2018. godine. U vrijeme testiranja, svi su sudionici pripadali U13 kategoriji i smatrani su mladim europskim perspektivnim talentima koje su njihove zemlje predložile za Eurotalents program. Njihov natjecateljski uspjeh na juniorskoj europskoj juniorskoj razini praćen je kroz rezultate u pojedinačnoj konkurenciji na Europskim prvenstvima za mlade (EYC) u narednim godinama (tj. U15 i U19; https://results.ettu.site/).

Korištenjem G*Power v3.1 softvera (Bonn, SR Njemačka, Sveučilište u Bonnu, Njemačka), veličina uzorka procijenjena je prema preporukama u znanstvenoj literaturi

(Batterham i Atkinson, 2005), na temelju statističkih analiza rezultata sportaša u sličnim ili identičnim varijablama. Za pogrešku I vrste $\alpha = 0,05$ i pogrešku II vrste $\beta = 0,20$, smatralo se da je potrebna veličina uzorka od 59 do 77 za otkrivanje značajnih učinaka. Stoga je ukupno n=82 predstavljalo zadovoljavajući uzorak. Istraživanje je provedeno u potpunom skladu s Helsinškom deklaracijom i odobreno je od strane Državnog medicinskog etičkog odbora Republike Slovenije (0120-348/2016-2 KME 42/07/16) 7. rujna 2016. Budući da su svi sudionici bili maloljetnici, informirani pristanak dobiven je od roditelja svih igrača uključenih u istraživanje. Svi sudionici bili su informirani da se mogu povući iz testiranja u bilo kojem trenutku bez ikakvih sankcija.

Testna baterija

Procjena perceptivno-motoričkih vještina i općih kondicijskih sposobnosti uključuje testove koji mjere i perceptivno-motoričke (koordinaciju oka i ruke, agilnost s lopticom) i fizičke kondicijske (izdržljivost, snagu, brzinu, brzinu promjene smjera (COD), fleksibilnost) dimenzije.

Sljedeći testovi bili su uključeni u testnu bateriju:

Test koordinacije oka i ruke (EHC) (Faber i sur., 2014; Faber i sur., 2015b; Faber i sur., 2016) je procjena perceptivno-motoričkih vještina u kojoj igrači bacaju stolnotenisku lopticu na okomito postavljen stolnoteniski stol s udaljenosti od 1 metar jednom rukom i pravilno hvataju lopticu drugom rukom što više puta u roku od 30 sekundi. Izvedena su dva pokušaja, a najbolji rezultat zadržan je kao konačni rezultat.

Test Sprint Agilnost sa ST lopticama (SATTB) (Faber i sur., 2015b; Faber i sur., 2016) je test u kojem igrači moraju prikupiti i vratiti pet stolnotenskih loptica, jednu po jednu, što je brže moguće iz pet različitih košara, počevši od baze kruga u obliku piramide. Vrijeme je mjereno u sekundama, a najbolji od dva pokušaja korišten je kao konačni rezultat.

Test promjene smjera "ABCD" (COD "ABCD") (Strel i sur., 1997) je test opće COD agilnosti, sličnog trajanja i obrasca kretanja (Slika 1) kao i često korišteni T-test agilnosti koji su prvi predstavili Pauole i sur. (2000). Vrijeme je mjereno u sekundama, a najbolji od dva pokušaja korišten je kao konačni rezultat.

Test vis u zgibu (BAH) (Strel i sur., 1997) je test opće fizičke kondicije snage i mišićne izdržljivosti nadlaktica i ramena, koji mjeri sposobnost održavanja izometričkih mišićnih kontrakcija što je duže moguće. Svaki sudionik imao je jedan pokušaj, a vrijeme je mjereno u sekundama.

Test skok u dalj iz mjesta (SBJ) (Strel i sur., 1997) je test opće fizičke kondicije osmišljen za mjerenje eksplozivne snage nogu. Skok u dalj iz mjesta izveden je iz stacionarnog stava s obje noge iza označene linije, koristeći protupokret i zamah rukama za maksimiziranje horizontalne propulzije. Udaljenost je mjerena u cm od linije odraza do stražnjeg dijela pete najbližeg liniji pri doskoku. Izvedena su tri pokušaja, a najbolji rezultat zadržan je kao konačni rezultat.

Test pretklon na klupici (BFB) (Strel i sur., 1997) je test opće fizičke kondicije koji mjeri fleksibilnost trupa i donjeg dijela tijela tako što se sudionik pretklanja s ravnim nogama kako bi se odredilo koliko daleko od vrhova prstiju, prsti mogu dosegnuti. Udaljenost je mjerena u cm, a najbolji od dva pokušaja korišten je kao konačni rezultat.

Test fleksibilnosti štapom (FTS) (Strel i sur., 1997) je procjena opće fizičke kondicije koja mjeri fleksibilnost gornjeg dijela tijela podizanjem štapa iznad glave iza leđa uz zadržavanje hvata za predmet. Udaljenost je mjerena u cm, a najbolji od dva pokušaja korišten je kao konačni rezultat.

Intervalni shuttle run (ISR) ili "*beep test*" (Lemmink i sur., 2004) je test maksimalne kardiovaskularne izdržljivosti u kojem sudionici trče naprijed-natrag između dvije linije udaljene 20 m, tempirani unaprijed snimljenim zvučnim signalima koji progresivno povećavaju brzinu. Mjeri aerobni kapacitet (VO_2max) zahtijevajući od trkača da stignu do linije prije sljedećeg zvučnog signala. Svaki sudionik izveo je test jednom, a postignuta razina korištena je kao konačni rezultat.

Detaljnije informacije o testovima koji čine testnu bateriju mogu se pronaći u Tablici 1.

Tablica 1. Detaljan opis baterije testova

Ime testa	Tip testa	Prostor i oprema	Mjerenje	Opis testa

Oko – ruka koordinacija (EHC)	Perceptuomotoričke sposobnosti (koordinacija sa loptom)	Unutarnji prostor sa minimalnim dimenzijama od 4 m × 4 m. Jedna paralelna linija je označena na podu. Štoprica, traka, TT stol, 6 TT loptica	Jedan mjeritelj stoji iza označene linije. Rezultat je broj ispravno uhvaćenih lopti u 30s. Izvode se dva pokušaja; bolji pokušaj se računa kao rezultat.	Početni položaj je jedan metar ispred okomito postavljenog stola za stolni tenis. Igrač baca lopticu, prema vlastitoj preferenciji donjim ili gornjim rukohvatom, desnom rukom prema okomitoj ploči stola i hvata je lijevom rukom ne dopuštajući da loptica dotakne pod. Isto se zatim radi koristeći lijevu ruku za bacanje i desnu ruku za hvatanje. To se ponavlja 30 sekundi. Broji se broj ispravno uhvaćenih lopti.
Sprint i Agilnost sa lopticama (SATTB)	Perceptuomotoričke sposobnosti (agilnost i koordinacija sa loptom)	Unutarnji prostor sa minimalnim dimenzijama od 7 m × 7 m. Na podu su označene tri linije i jedna startna linija. Traka, štoperica, 5 TT loptica (4 bijele i jedna narančasta), 6 podloga.	Jedan mjeritelj stoji paralelno s ciljnom linijom. Vrijeme se mjeri u desetinkama sekunde. Izvode se dva pokušaja; bolji pokušaj se računa kao rezultat.	Početni položaj je ispred startne linije. Igrač pokušava što brže protrčati kroz stazu. Kreće na startnoj/ciljnoj liniji, neposredno ispred posude 0. Nakon dogovorenog startnog znaka, igrač uzima prvu lopticu iz posude 1 i stavlja je u posudu 0. Isti postupak ponavlja za loptice iz posuda 2 do 5. Nakon što je žuta ili narančasta loptica iz posude 5 stavljena u posudu 0, igrač uzima bijelu lopticu i vraća je u posudu 1. Isto se radi za preostale loptice, vraćajući ih jednu po jednu u posude. Vrijeme se zaustavlja kada su sve loptice vraćene u posude i igrač prelazi startnu/ciljnu liniju.
Agilnost "ABCD" (COD "ABCD")	Fizička sprema, višesmjerni COD test	Zatvoreni ili otvoreni prostor sa čvrstom podlogom, minimalnom veličinom 15 m × 7 m Traka i štoperica	Jedan mjeritelj stoji na točki D, provjerava ispravno izvođenje testa i mjeri vrijeme. Vrijeme se mjeri na najbližih 0,1 s. Izvode se dva pokušaja; bolji pokušaj se računa kao rezultat.	Početni položaj je na točki A. Sudionik prelazi udaljenost od A do B i natrag bočnim koracima, trči naprijed do točke C i natrag do A, bočnim koracima do točke B i završava sprintom do točke D.
Izdržaj u zgibu (BAH)	Fizička sprema, snaga i mišićna izdržljivost gornjeg dijel tijela	Zatvoreni ili otvoreni prostor minimalne veličine 2 m × 2 m Horizontalna šipka, štoperica	Jedan mjeritelj stoji ispred sudionika. Test se izvodi jednom. Rezultat testa je trajanje zadržavanja položaja, izraženo u cijelim sekundama.	Mjeritelj bilježi vrijeme tijekom kojeg ispitanik zadržava zahtijevani položaj, sa savijenim rukama u donjem hvat na vodoravnoj šipci. Tijekom tog razdoblja, brada ispitanika treba ostati iznad vodoravne šipke. Kada ispitanik više ne može zadržati zadani hvat, mjeritelj zaustavlja štopericu koja je pokrenuta u trenutku kada je ispitanik zauzeo položaj.
Skok u dalj s mjesta (SBJ)	Fizička sprema, eksplozivnost noga	Zatvoreni ili otvoreni prostor minimalne veličine of 4 m × 2 m Podloga, metar.	Jedan mjeritelj stoji s jedne strane sudionika. Rezultat testa je duljina skoka izmjerena u cm. Izvode se tri pokušaja; najbolji pokušaj se računa kao rezultat.	Ispitanik izvodi odraz s obje noge zajedno i istovremeno. Prije odraza, ispitanik se može podići na prste, ali nije dopušteno odraziti se nakon prethodnog poskoka.

Pretklon raznožno (BFB)	Fizička sprema, fleksibilnost trupa i donjeg dijela tijela	Zatvoreni ili otvoreni prostor minimalne veličine of 2 m × 2 m, 40 cm visoka klupa, drveni okvir. 80 cm dugačak drveni štap sa centimetarskom mjerom, fiksiran okomito na klupu.	Jedan mjeritelj stoji ispred sudionika. Ispitanik zadatak izvodi dvaput. Rezultat je očitanje položaja ravnala na okomitoj mjernoj skali u cm. Bolji rezultat se računa kao konačan.	Ispitanik stane na klupu s ispruženim nogama i stopalima paralelnim. Savijanje naprijed i posezanje prema klupi izvodi se što je moguće dalje, dok se ravnalo na drvenoj mjernoj skali gura što je moguće dalje (zadatak treba izvoditi bez trzaja ili odskočnih pokreta i bez savijanja koljenog zgloba). Ispitanik treba ostati u krajnjem položaju dvije sekunde. Potrebno je da ispitanik tijekom mjerenja bude bos.
Test fleksibilnosti sa štapom (FTS)	Fizička sprema,, fleksibilnost gornjeg dijela tijela (ramenog pojasa)	Zatvoreni ili otvoreni prostor minimalne veličine of 2 m × 2 m, štap sa centimetarskom mjerom.	Jedan mjeritelj stoji s jedne strane sudionika. Test se izvodi dvaput. Rezultat je udaljenost između lijeve i desne šake. U ovom testu rezultat je bolji ako je udaljenost između šaka manja.	Početni položaj ispitanika je s ispruženim rukama i šipkom držanom ispred sebe. Šipka se drži u lijevom dlanu, a desna ruka je postavljena odmah desno od lijeve. Iz tog položaja, ispitanik podiže ispružene ruke i premješta šipku iznad glave iza leđa. Tijekom zadatka, lijeva ruka ostaje nepomična na šipki, dok desna ruka po potrebi klizi duž šipke. Zadatak je završen kada ispitanik izvede pokret i donese šipku iza leđa s ispruženim rukama. Ispitanik ostaje u tom položaju sve dok mjeritelj ne zabilježi rezultat.
Intervalni Shuttle Run Test (ISR)	Fizička sprema, maksimalna kardiovaskularna izdržljivost, VO_2max	Zatvoreni ili otvoreni prostor minimalne veličine of 20 m × 25 m, Uređaj za puštanje prethodno snimljenih zvukova.	Jedan mjeritelj stoji na startnoj liniji. Test se izvodi jednom. Rezultat je posljednja završena razina.	Test uključuje neprekidno trčanje između dvije točke udaljene 20 m. Trčanje je sinkronizirano s unaprijed snimljenom audio vrpcom, CD-om ili softverom na prijenosnom računalu koje emitira zvučne signale u zadanim intervalima. Kako test napreduje, interval između svakog sljedećeg signala se smanjuje, zahtijevajući od sportaša da povećaju brzinu sve dok ne postane nemoguće održati korak sa snimkom ili, u iznimno rijetkim slučajevima, dok sportaš ne završi test.

Svi testovi provedeni su u zatvorenom prostoru, sa sudionicima odjevenim u sportsku odjeću, kao u redovnim treninzima ili natjecanjima. Za sve testove za koje je izvedeno više pokušaja, sudionicima je dano najmanje 3 minute odmora između pokušaja i najmanje 5 minuta između testova.

Razina stolnoteniske izvedbe

Kriteriji za određivanje budućih razina izvedbe igrača temeljili su se na rezultatima na EYC od 2017. do 2026. koji pokrivaju U15 i U19 nastupe za uključene igrače. Analizirani su svi EYC rezultati u godinama nakon testiranja, a igrači su kategorizirani u tri podskupine natjecateljske uspješnosti:

1. Visoko uspješni – igrači koji su dosegnuli najmanje osminu finala (R16) na EYC u pojedinačnoj konkurenciji tijekom svoje kadetske i/ili juniorske karijere.

2. Prosječno uspješni – igrači koji su dosegnuli od šezdeset-četvrtinu finala (R64) do šesnaestine finala (R32) na EYC u pojedinačnoj konkurenciji tijekom svoje kadetske i/ili juniorske karijere.
3. Nisko uspješni – igrači koji se nisu kvalificirali za EYC kao članovi svojih nacionalnih reprezentacija ili koji su sudjelovali na EYC u pojedinačnoj konkurenciji, ali nisu prošli dalje od kvalifikacija ili prvog kola.

Statistička analiza

Deskriptivna statistika za sve varijable prikazana je kao srednja vrijednost ± standardna devijacija, uz minimalne i maksimalne vrijednosti te 95% interval pouzdanosti. Kolmogorov-Smirnovljev test primijenjen je na sve testne ishode kako bi se procijenila značajnost odstupanja od normalne distribucije. Razlike između spolova u svim varijablama procijenjene su korištenjem t-testova za nezavisne uzorke. Homogenost varijanci procijenjena je Brown-Forsytheovim testom. Cohenov d korišten je kao mjera veličine učinka i interpretiran kao mali ako je <0,50, umjeren ako je ≥0,50 i <0,80, i velik ako je ≥0,80 (Cohen, 1988). Kako bi se procijenilo razlikuju li se početne perceptivno-motoričke vještine i testovi općih motoričkih sposobnosti između kasnijih razina natjecateljske uspješnosti, provedene su analize kovarijance (ANCOVA) za svaki testni ishod. Skupina uspješnosti (visoka, prosječna, niska) i spol (dječaci, djevojčice) uneseni su kao fiksni faktori, a dob na testiranju kao kovarijat. Glavni učinak skupine uspješnosti provjeren je kako bi se utvrdilo ostaju li razlike među skupinama nakon kontrole za spol i dob na testiranju. Homogenost regresijskih nagiba procijenjena je zasebno za svaki ishod dodavanjem interakcija između dobi na testiranju i skupine uspješnosti te između dobi na testiranju i spola u model. Normalnost i homoskedastičnost reziduala procijenjene su korištenjem Q-Q dijagrama i dijagrama standardiziranih reziduala u odnosu na prilagođene vrijednosti, uz dodatak Shapiro-Wilksovog, Breusch-Paganovog i Brown-Forsytheovog testa. Potencijalno utjecajni *outlieri* ispitani su korištenjem eksternaliziranih studentiziranih reziduala, te Cookove udaljenosti. Budući da su dijagnostike reziduala ukazivale na odstupanja od normalnosti ili homoskedastičnosti za neke ishode, provedeni su heteroskedastičnosti-robusni HC3 testovi kao analize osjetljivosti. Tamo gdje je učinak skupine uspješnosti dosegao nominalni prag α=0,05, korištene su Bonferroni-korigirane post-hoc usporedbe temeljene na procijenjenim rubnim sredinama za taj ishod. Nije primijenjena korekcija

za višestruka testiranja na osam zasebnih ANCOVA ishoda; izolirani nalazi na razini pojedinačnog ishoda stoga su tretirani kao eksplorativni i interpretirani oprezno u odnosu na veličine učinaka i ukupni obrazac kroz testnu bateriju. Prikazani su F-vrijednost (F), razina značajnosti (p) i parcijalni eta-kvadrat (η_p^2). Parcijalni eta-kvadrat interpretiran je kao mali ako je <0,06, umjeren ako je ≥0,06 i <0,15, i velik ako je ≥0,15 (Cohen, 1988). Pogreška tipa I postavljena je na α=5%. Sve statističke analize provedene su korištenjem Statistica 14 (Cloud Software Group, Inc., Palo Alto, CA, SAD, 2023, Data Science Workbench).

4.3.4 Rezultati

Deskriptivna statistika za sve varijable prikazana je u Tablici 2. Konačni uzorak sastojao se od 82 igrača uključujući 50 dječaka i 32 djevojčice. Prosječna dob sudionika na testiranju bila je nešto ispod 12 godina. Neke varijable pokazale su odstupanja od normalnosti; međutim, analize su interpretirane u odnosu na veličine učinaka i ukupni obrazac rezultata.

Tablica 2. Deskriptivna statistika (n=82)

Variable	M ± SD	Min–Max	95% CI	KS p
Kronološka dob	11.8 ± 0.67	9.9–12.8	[11.68, 11.97]	.088
Visina (cm)	150.7 ± 7.77	133–167	[149.04, 152.45]	.526
Težina (kg)	42.5 ± 8.18	23.9–62.0	[40.72, 44.31]	.005
BMI	18.6 ± 2.60	13.5–25.4	[18.05, 19.19]	.229
EHC (points)	27.9 ± 5.15	17–41	[26.81, 29.07]	.026
SATTB (s)	29.1 ± 2.14	25.5–38.0	[28.67, 29.61]	.226
COD “ABCD” (s)	12.0 ± 0.76	10.2–15.1	[11.78, 12.11]	.491
ISR (Stage)	8.1 ± 1.63	4.4–13.2	[7.79, 8.50]	.439
BAH (s)	24.9 ± 14.96	3.1–66.6	[21.41, 27.98]	.019
SBJ (cm)	164.2 ± 18.95	95–205	[160.01, 168.33]	.521
BFB (cm)	44.8 ± 6.17	26–60	[43.44, 46.15]	.223
FTS (cm)	89.0 ± 19.45	46–125	[84.76, 93.31]	.208

Kazalo: EHC = oko–ruka koordinacija; SATTB = Sprint i Agilnost sa lopticama; COD “ABCD” = Agilnost “ABCD”; ISR = Intervalni Shuttle Run Test; BAH = izdržaj u visu; SBJ = Skok u dalj s mjesta; BFB = Pretklon raznožno; FTS = Fleksibilnost sa štapom. Aritmetička sredina ± standardna devijacija (M ± SD); minimalna–maksimalna vrijednost (Min–Max); 95% interval povjerenja (95% CI); značajnost Kolmogorov–Smirnov/Lilliefors testa (KS p).

Rezultati prikazani u Tablici 3 pokazuju da nema značajnih razlika među spolovima (p > ,05) u dobi na testiranju, visini, težini, BMI, EHC, SATTB, ISR, BAH, SBJ ili FTS. Značajne razlike među spolovima uočene su za Agilnost "ABCD", gdje su muški sudionici postigli bolj rezultate, te za BFB, gdje su ženske sudionice ostvarile više rezultate.

Tablica 3. Razlike između spolova u svim varijablama koje čine testnu bateriju

Varijable	Muški (n=50)	Ženski (n=32)	95% CI	t	B-F p	p	Cohen's d
Kronološka dob	11.8 ± 0.72	11.9 ± 0.60	[-0.46, 0.15]	-1.02	0.161	0.310	0.23
Visina (cm)	150.2 ± 7.20	151.5 ± 8.65	[-4.80, 2.22]	-0.73	0.471	0.466	0.17
Težina (kg)	42.9 ± 8.24	41.9 ± 8.19	[-2.74, 4.67]	0.52	0.961	0.606	0.12
BMI	18.9 ± 2.58	18.7 ± 2.59	[-0.40, 1.93]	1.30	0.773	0.197	0.29
EHC (points)	28.6 ± 5.22	26.9 ± 4.96	[-0.66, 3.95]	1.42	0.997	0.160	0.32
SATTB (s)	28.9 ± 1.94	29.5 ± 2.42	[-1.49, 0.44]	-1.08	0.354	0.284	0.24
COD "ABCD" (s)	11.8 ± 0.65	12.2 ± 0.85	[-0.77, -0.11]	-2.65	0.381	0.010*	0.60
ISR	8.3 ± 1.78	7.9 ± 1.32	[-0.26, 1.20]	1.28	0.081	0.204	0.29
BAH (s)	26.0 ± 15.41	23.1 ± 13.69	[-3.71, 9.59]	0.88	0.320	0.382	0.20
SBJ (cm)	166.3 ± 18.13	160.8 ± 19.98	[-2.94, 14.06]	1.30	0.666	0.197	0.29
BFB (cm)	42.6 ± 5.58	48.3 ± 5.46	[-8.21, -3.23]	-4.57	0.795	<.001*	1.03
FTS (cm)	88.7 ± 18.04	89.6 ± 21.77	[-9.68, 7.95]	-0.19	0.070	0.846	0.04

Kazalo: EHC = oko–ruka koordinacija; SATTB = Sprint i Agilnost sa lopticama; COD "ABCD" = Agilnost "ABCD"; ISR = Intervalni Shuttle Run Test; BAH = izdržaj u visu; SBJ = Skok u dalj s mjesta; BFB = Pretklon raznožno; FTS = Fleksibilnost sa štapom. Aritmetička sredina ± standardna devijacija (M ± SD); 95% interval povjerenja za aritmetičku sredinu razlika muških i ženskih ispitanika (95% CI); t = t-vrijednost; B-F p = Brown-Forsythe test za ispitivanje homogenosti varijanci; p = statistička značajnost razlika; Cohen's d = veličina učinka. *p<0.05.

Razlike između skupina igrača, kategoriziranih prema kasnijoj razini natjecateljske uspješnosti prikazane su u Tablici 4. Skupine visoke (n=26), prosječne (n=28) i niske (n=28) uspješnosti se nisu značajno razlikovale u dobi na testiranju niti u glavnim antropometrijskim karakteristikama. Niti jedna od interakcija između dobi na testiranju i skupine uspješnosti, niti između dobi na testiranju i spola nije bila značajna za bilo koji ishod (sve p≥0,216 i sve p≥0,292), što podržava pretpostavku homogenosti regresijskih nagiba. Dijagnostike reziduala ukazale su na odstupanja od normalnosti za SATTB, COD "ABCD" i BAH, te heteroskedastičnost za ISR i BAH. Rezultat jednog ispitanika

pokazao je eksternalizirani studentizirani rezidual veći od |3| za SATTB, COD "ABCD" i SBJ. Analize osjetljivosti isključujući ovo opažanje nisu promijenile zaključke za te ishode. Nakon prilagodbe za spol i dob na testiranju, nisu uočeni učinci skupine uspješnosti na konvencionalnom pragu α=,05 za EHC, SATTB, COD "ABCD", BAH, SBJ ili BFB. Učinak skupine uspješnosti uočen je za ISR (F=3,92, p=0,024, η_p^2=0,092), iako ova omnibus p-vrijednost nije prilagođena za višestruka testiranja na osam ANCOVA ishoda. Bonferroni-prilagođene post-hoc usporedbe unutar ISR-a pokazale su da su prosječno uspješni igrači ostvarili bolje rezultate od nisko uspješnih. Učinak skupine uspješnosti za FTS nije dosegao konvencionalni prag α=0,05 (F=3,06, p=0,053, ηp^2=0,074). U HC3 analizama osjetljivosti, nijedan učinak skupine uspješnosti nije dosegao konvencionalni prag α=,05 (sve p≥0,065). Konkretno, učinak skupine uspješnosti za ISR nije ostao značajan u HC3 analizi (p=0,065).

Tablica 4. Razlike između skupina igrača kategoriziranih prema razini natjecateljske uspješnosti

Varijable	Visoka (n=26)	Prosječna (n=28)	Niska (n=28)	F	p	η_p^2
Kronološka dob	11.7 ± 0.65	11.9 ± 0.59	11.9 ± 0.77	0.89	0.413	0.022
Visina (cm)	149.75 ± 7.67	151.3 ± 6.68	151.2 ± 8.97	0.37	0.692	0.009
Težina (kg)	42.6 ± 8.56	41.8 ± 6.60	43.2 ± 9.41	0.20	0.816	0.005
BMI	18.9 ± 2.78	18.3 ± 2.44	18.7 ± 2.64	0.45	0.638	0.011
EHC (points)	28.3 ± 6.30	28.1 ± 4.77	27.4 ± 4.43	0.76	0.470	0.019
SATTB (s)	29.2 ± 1.94	28.8 ± 2.41	29.4 ± 2.06	0.65	0.526	0.017
COD “ABCD” (s)	12.0 ± 0.75	11.8 ± 0.88	12.0 ± 0.66	0.81	0.448	0.021
ISR (Stage)	7.8 ± 1.37	8.8 ± 2.03*	7.8 ± 1.19*	3.92	0.024*	0.092
BAH (s)	20.6 ± 11.84	27.8 ± 19.28	26.0 ± 11.08	1.73	0.184	0.043
SBJ (cm)	163.9 ± 16.91	163.0 ± 21.60	165.6 ± 18.51	0.06	0.940	0.002
BFB (cm)	44.2 ± 5.78	44.4 ± 7.11	45.7 ± 5.62	1.29	0.282	0.032
FTS (cm)	94.5 ± 15.63	91.3 ± 19.83	81.7 ± 20.65	3.06	0.053	0.074

Kazalo: EHC = oko–ruka koordinacija; SATTB = Sprint i Agilnost sa lopticama; COD “ABCD” = Agilnost “ABCD”; ISR = Intervalni Shuttle Run Test; BAH = izdržaj u visu; SBJ = Skok u dalj s mjesta; BFB = Pretklon raznožno; FTS = Fleksibilnost sa štapom. Aritmetička sredina ± standardna devijacija (M ± SD); Za kronološku dob, visinu, težinu i BMI, razlike među skupinama procijenjene su korištenjem jednosmjerne ANOVA-e. Za ostale testove, F, p i η_p^2 odnose se na glavni učinak nominalne varijable (uspješnosti) u ANCOVI prilagođenoj za spol i dob promatrane kao kovarijate. Post-hoc usporedbe unutar ishoda temeljene su na procijenjenim aritmetičkim sredinama s Bonferroni korekcijom. Nije primijenjena korekcija za višestruka testiranja na tim ANCOVA testovima. *p<0,05; za ISR, označava Bonferroni-prilagođenu post-hoc razliku između prosječno i nisko uspješnih, dok je ukupni p=0,024 nominalan i nekorigiran kroz kategorije.

4.3.5 Rasprava

Ovo istraživanje ispitalo je diskriminiraju li početne perceptivno-motoričke vještine i testovi općih motoričkih sposobnosti između vrhunskih mladih stolnotenisača koji su kasnije postigli različite razine natjecateljske uspješnosti na Europskim prvenstvima. Konkretnije, istraživanje je odgovorilo na pitanje jesu li takvi testovi dovoljno osjetljivi za razlikovanje između kasnijih razina izvedbe unutar već visoko selekcionirane, vrhunske mlade populacije. Nakon kontrole za spol i dob na testiranju, nisu uočeni značajni učinci skupine uspješnosti za teorijski središnje perceptivno-motoričke i eksplozivne ishode kretanja, uključujući EHC, SATTB, COD "ABCD" i SBJ. Na konvencionalnom pragu α=,05, ISR je bio jedini ishod koji je pokazao učinak skupine uspješnosti, dok učinak FTS-a nije dosegao taj prag (p=,053). Općenito, ovi nalazi sugeriraju da je testna baterija imala ograničenu diskriminativnu vrijednost za razlikovanje kasnijih EYC razina izvedbe unutar ovog specifičnog uzorka.

Ovaj nalaz treba interpretirati u odnosu na specifične karakteristike uzorka. Svi igrači bili su nominirani za završne Eurotalents selekcijske kampove i stoga su ih njihovi nacionalni savezi već smatrali perspektivnim mladim igračima. Vjerojatno je da su ti igrači prošli nekoliko prethodnih selekcijskih filtera i već posjedovali relativno dobro razvijene motoričke i perceptivno-motoričke sposobnosti. Unutar takve ograničene i homogene skupine, razlike u općim perceptivno-motoričkim i motoričkim testnim ishodima mogu postati manje vidljive i manje presudne za objašnjenje kasnijih natjecateljskih rezultata. Ova interpretacija u skladu je s širom literaturom o razvoju talenata koja naglašava da je talent višedimenzionalan, dinamičan i ovisan o kontekstu, a ne svediv na mali skup stabilnih ranih pokazatelja (Abbott i sur., 2005; Baker i sur., 2019; Faber i sur., 2015a; Nijenhuis i sur., 2024; Vaeyens i sur., 2008). Stoga dobiveni rezultati ne impliciraju da su procjene perceptivno-motoričkih i motoričkih sposobnosti nevažne za mlade stolnotenisače. Prethodne studije su pokazale da perceptivno-motoričke procjene, uključujući koordinaciju oka i ruke i srodne vještine, mogu razlikovati šire razine izvedbe u mladom stolnom tenisu i mogu biti povezane s kasnijim sudjelovanjem u natjecanjima i izvedbom (Faber i sur., 2014; Faber i sur., 2016; Faber i sur., 2023). Umjesto toga, sadašnji nalazi sugeriraju da diskriminativna vrijednost takvih procjena može ovisiti o fazi puta talenata i heterogenosti skupine koja se

procjenjuje. U širim ili manje selekcioniranim mladim populacijama, ovi testovi mogu pomoći u identificiranju djece s profilima kretanja i koordinacije koji odgovaraju zahtjevima stolnog tenisa ili drugih reketnih sportova. Međutim, unutar visoko selekcionirane vrhunske skupine, te osnovne sposobnosti mogu već biti prisutne na relativno visokoj razini, što ih čini manje prikladnima kao samostalni pokazatelji toga tko će napredovati dalje u međunarodnim juniorskim natjecanjima.

Ograničena diskriminativna vrijednost uočena u ovom istraživanju također je u skladu s višedimenzionalnom prirodom stolnoteniske izvedbe. Stolni tenis zahtijeva brzu perceptivnu obradu, anticipaciju, finu motoričku kontrolu, prilagodbu držanja tijela, eksplozivan rad nogu i kontinuiranu prilagodbu na varijacije u brzini loptice, rotaciji, mjestu i ponašanju protivnika (Akpinar i sur., 2012; Fuchs i sur., 2018; Lees, 2003; Munivrana i sur., 2015a, 2015b; Pfeiffer i sur., 2010). Posljedično, natjecateljski uspjeh na EYC-u vjerojatno nije određen samo općim motoričkim i perceptivno-motoričkim testnim ishodima. Sadašnja testna baterija opisuje samo jednu komponentu ovog šireg sustava izvedbe i ne procjenjuje izravno sportski-specifičnu tehniku, taktiku, strategiju ili psihološko funkcioniranje. Nakon što igrači dosegnu vrhunsku juniorsku razinu, drugi čimbenici mogu postati presudniji, poput tehničke kvalitete, stručnosti u servisu i primanju servisa, taktičkog odlučivanja, prilagodljivosti različitim protivnicima, natjecateljskog iskustva, psiholoških karakteristika, povijesti treninga, okruženja za trening, sazrijevanja, povijesti ozljeda, težine ždrijeba i nacionalnih selekcijskih prilika. Ovi čimbenici nisu izravno procijenjeni u ovom istraživanju, ali su središnji za višedimenzionalne modele identifikacije i razvoja talenata u reketnim sportovima (Doherty i sur., 2018; Faber i sur., 2015a; Nijenhuis i sur., 2024). Iako je ISR bio jedini ishod koji je pokazao učinak skupine uspješnosti u konvencionalnoj ANCOVI na α=,05 (p=,024), taj učinak nije ostao značajan uz HC3-robusnu inferenciju (p=,065). Štoviše, konvencionalna p-vrijednost nije prilagođena na osam ishoda, a razlikovali su se samo prosječno i nisko uspješni, dok se visoko uspješni nisu značajno razlikovali ni od jedne skupine. Stoga ISR rezultat ne pruža dokaze o dosljednom gradijentu kroz kasnije razine natjecateljske uspješnosti, niti izravno podržava ideju da je kapacitet izdržljivosti primarni diskriminator kasnije vrhunske juniorske stolnoteniske izvedbe. Stolni tenis uključuje ponovljene kratke, visoko intenzivne poene isprekidane kratkim razdobljima oporavka, i iako aerobni kapacitet može podržavati oporavak i toleranciju na trening, izvedba u meču snažno ovisi o tehničko-taktičkoj izvedbi, eksplozivnim akcijama i

brzim perceptivno-motoričkim odgovorima (Fuchs i sur., 2018; Kondrič i sur., 2013; Zagatto i sur., 2010, 2018). Slično tome, učinak FTS-a (p=,053) teško je interpretirati u terminima izvedbe, posebno jer niži rezultati na ovom testu ukazuju na bolju izvedbu. S obzirom na broj ispitanih ishoda i odsutnost koherentnog obrasca kroz povezane sposobnosti, ove izolirane nalaze ne treba pretjerano interpretirati. Iz praktične perspektive, sadašnji nalazi podržavaju oprezno i razvojno korištenje procjena perceptivno-motoričkih i motoričkih sposobnosti. Njihova vrijednost može se razlikovati kroz faze puta talenata. U otkrivanju talenata, takvi testovi mogu pomoći u identificiranju djece čiji profil koordinacije, agilnosti i kretanja odgovara općim zahtjevima stolnog tenisa. U identifikaciji talenata, mogu doprinijeti višedimenzionalnim odlukama o tome koji bi igrači mogli imati koristi od intenzivnijih razvojnih prilika. U razvoju talenata, mogu podržavati praćenje individualnih snaga i slabosti, postavljanje ciljeva treninga i usklađivanje između fizičko-perceptivno-motoričkih sposobnosti, tehničko-taktičkog razvoja i stilova igre koji se pojavljuju. Međutim, unutar već selekcionirane vrhunske mlade populacije, ove procjene ne bi se trebale koristiti izolirano za donošenje snažnih tvrdnji o budućem vrhunskom postignuću.

Općenito, ovo istraživanje doprinosi nijansiranijem razumijevanju uloge testiranja perceptivno-motoričkih i motoričkih sposobnosti u stolnom tenisu za mlade. Nalazi sugeriraju da ove procjene mogu biti korisne kao komplementarni alati unutar širih procesa otkrivanja, identifikacije i razvoja talenata, ali da je njihova diskriminativna vrijednost za kasnije EYC razine izvedbe ograničena nakon što su igrači već dosegli visoko selekcionirani vrhunski mladi kontekst. Buduća istraživanja stoga trebaju ispitati ove testne ishode zajedno s tehničkim, taktičkim, psihološkim, razvojnim, povijesnim i kontekstualnim varijablama u longitudinalnim višedimenzionalnim nacrtima. Takvi pristupi mogu pružiti bolje razumijevanje kako različite determinante izvedbe međusobno djeluju tijekom vremena i kako se njihova relevantnost mijenja kroz faze puta talenata.

Praktične implikacije

Iz praktične perspektive, sadašnji nalazi sugeriraju da procjene perceptivno-motoričkih i motoričkih sposobnosti treba interpretirati u odnosu na fazu puta talenata u kojoj se koriste. U širim kontekstima otkrivanja talenata i rane identifikacije talenata, takve

procjene još uvijek mogu pružiti korisne informacije o tome imaju li mladi igrači profile kretanja, koordinacije i fizičke profile koji odgovaraju općim zahtjevima stolnog tenisa i drugih reketnih sportova (Faber i sur., 2014; Faber i sur., 2015b; Faber i sur., 2016; Nijenhuis i sur., 2024). Međutim, unutar već visoko selekcionirane vrhunske mlade populacije, čini se da ovi testni ishodi imaju ograničenu vrijednost za razlikovanje igrača koji kasnije postižu različite razine natjecateljske uspješnosti. To ukazuje da bi treneri, savezi i praktičari trebali biti oprezni u korištenju takvih testova kao samostalnih selekcijskih alata u naprednim fazama puta mladih talenata. Nakon što su igrači već prošli nekoliko selekcijskih filtera, opće perceptivno-motoričke i motoričke sposobnosti možda više nisu glavni čimbenici koji razlikuju kasnije natjecateljske ishode. U ovoj fazi, procjene mogu biti vrijednije kada se koriste u razvojne, a ne prediktivne svrhe. U praksi, testna baterija se stoga može koristiti za podršku individualnom profiliranju, identifikaciji relativnih snaga i slabosti, postavljanju ciljeva i praćenju tijekom vremena. Takve informacije mogu pomoći trenerima da usklade fizički i perceptivno-motorički razvoj s tehničko-taktičkim treningom, stilom igre i individualnim razvojnim potrebama. Ova interpretacija u skladu je s višedimenzionalnim pristupima identifikaciji i razvoju talenata, koji naglašavaju da potencijal izvedbe treba procjenjivati kroz kombinaciju motoričkih, perceptivnih, tehničkih, taktičkih, psiholoških, razvojnih i kontekstualnih pokazatelja, a ne kroz izolirane testne rezultate (Abbott i sur., 2005; Baker i sur., 2019; Doherty i sur., 2018; Faber i sur., 2015a; Nijenhuis i sur., 2024; Vaeyens i sur., 2008).

Ograničenja istraživanja

Treba navesti nekoliko ograničenja ovog istraživanja. Prvo, uzorak se sastojao od visoko selekcionirane skupine europskih mladih stolnotenisača koji su već bili nominirani za završne Eurotalents selekcijske kampove. Kao što je gore raspravljeno, ova homogenost je središnja za interpretaciju nalaza, ali također ograničava generalizabilnost rezultata na šire ili manje selekcionirane mlade stolnoteniske populacije. Stoga se sadašnji nalazi ne bi trebali interpretirati kao dokaz da testovi perceptivno-motoričkih i motoričkih sposobnosti imaju ograničenu vrijednost u svim fazama otkrivanja, identifikacije i razvoja talenata. Drugo, kasnija natjecateljska izvedba operacionalizirana je korištenjem EYC rezultata u pojedinačnoj konkurenciji i

dosegnute runde. Iako je ovaj kriterij smislen s praktične i ekološke perspektive, na njega također utječu čimbenici izvan sposobnosti igrača. Težina ždrijeba, karakteristike međusobnih susreta, nacionalne selekcijske politike, kvalifikacijske prilike, ozljede, bolesti i druge kontekstualne okolnosti mogu utjecati na to hoće li igrač dosegnuti određenu rundu. Stoga, dosegnuta runda na EYC-u treba se smatrati pokazateljem kasnije natjecateljske izvedbe mladih, ali ne i potpunom mjerom dugoročnog vrhunskog potencijala.Treće, iako su spol i dob na testiranju uključeni u ANCOVA modele, biološko sazrijevanje nije izravno procijenjeno. S obzirom na dobni raspon uzorka, individualne razlike u sazrijevanju mogle su utjecati na nekoliko fizičkih testnih ishoda, posebno one povezane sa snagom, eksplozivnom snagom, fleksibilnosti i izdržljivosti. Buduća bi istraživanja imala koristi od uključivanja pokazatelja biološkog sazrijevanja uz kronološku dob.

Četvrto, ovo se istraživanje usredotočilo na perceptivno-motoričke testne ishode i testove općih motoričkih sposobnosti i nije uključilo izravne mjere tehničke kvalitete, taktičkog odlučivanja, psiholoških karakteristika, povijesti treninga, okruženja za trening ili natjecateljskog konteksta. Ovi čimbenici su vrlo relevantni u stolnom tenisu i mogu postati posebno važni nakon što su igrači već dosegli visoku minimalnu razinu motoričke i perceptivno-motoričke kompetencije (Doherty i sur., 2018; Faber i sur., 2015a; Fuchs i sur., 2018; Munivrana i sur., 2015a, 2015b; Nijenhuis i sur., 2024). Buduća istraživanja stoga trebaju koristiti šire longitudinalne i višedimenzionalne nacrte kako bi ispitala kako ove različite determinante izvedbe međusobno djeluju tijekom vremena i kako se njihova relevantnost mijenja kroz faze puta talenata.

4.3.6 Zaključak

Ovo prospektivno longitudinalno istraživanje ukazuje da testovi perceptivno-motoričkih vještina i općih motoričkih sposobnosti imaju ograničenu diskriminativnu vrijednost za razlikovanje kasnijih razina natjecateljske uspješnosti unutar visoko homogene, već selekcionirane vrhunske mlade stolnoteniske populacije. Nakon kontrole za spol i dob na testiranju, teorijski središnji perceptivno-motorički i eksplozivni ishodi kretanja nisu značajno razlikovali skupine kasnije visoke, prosječne i niske EYC uspješnosti. Ovi nalazi sugeriraju da, nakon što igrači dosegnu visoku vrhunsku mladu razinu, opći

perceptivno-motorički i motorički testni ishodi možda više nisu dovoljno osjetljivi za razlikovanje onih koji će napredovati dalje u međunarodnim mladim natjecanjima. Testna baterija predstavlja samo jednu komponentu višedimenzionalne stolnoteniske izvedbe. Drugi čimbenici, uključujući tehničko-taktičku kvalitetu, strateško odlučivanje, natjecateljsko iskustvo, psihološke karakteristike, okruženje za trening, sazrijevanje, povijest ozljeda i kontekstualne čimbenike natjecanja, mogu igrati presudniju ulogu u ovoj fazi.

Ograničenu diskriminativnu vrijednost uočenu u ovom specifičnom vrhunskom uzorku ne treba interpretirati kao dokaz da procjene perceptivno-motoričkih i motoričkih sposobnosti nemaju praktičnu vrijednost. Umjesto toga, čini se da njihova uloga ovisi o fazi i svrsi procjene. U širim kontekstima otkrivanja talenata, identifikacije talenata i razvoja talenata, ove procjene mogu podržavati povezivanje sa sportom, višedimenzionalno profiliranje, individualno postavljanje ciljeva i praćenje snaga i slabosti. Treba ih stoga smatrati komplementarnim alatima unutar šireg razvojnog okvira, a ne samostalnim pokazateljima budućeg vrhunskog postignuća.

5 GENERALNI ZAKLJUČAK

Provedena tri međusobno povezana znanstvena istraživanja, svako s fokusom na različiti olimpijski sport s reketom – tenis, badminton i stolni tenis – pružaju sveobuhvatan uvid u mogućnosti i ograničenja testiranja agilnosti te perceptivno-motoričkih i općih motoričkih sposobnosti u razlikovanju mladih sportaša prema njihovoj natjecateljskoj uspješnosti.

Prva dva istraživanja, provedena na uzorcima mladih tenisača i badmintonista, pokazala su da testovi agilnosti, bilo generički ili sportsko-specifični (unaprijed planirani ili reaktivni), posjeduju visoku pouzdanost i konstruktnu valjanost. Također, pokazali suznačajan potencijal za razlikovanje mladih sportaša prema njihovoj natjecateljskoj uspješnosti. U oba slučaja, igrači s višom razinom uspješnosti ostvarili su bolje rezultate u svim korištenim testovima, pri čemu su značajne razlike najčešće identificirane između najuspješnijih i najmanje uspješnih skupina. Posebno je važno istaknuti da se novorazvijeni test reaktivne agilnosti, specifičan za badminton, pokazao ekološki valjan, te pouzdan i praktičan instrument koji ne zahtijeva sofisticiranu tehničku opremu, što ga čini izvedivim za redovitu primjenu u trenažnoj praksi. Također, rezultati upućuju na to da se različite vrste testova agilnosti mogu smatrati jednako pouzdanima i valjanima, što trenerima omogućuje odabir onih koji su najprikladniji s obzirom na specifične ciljeve i dostupne resurse.

Međutim, treće istraživanje, provedeno na visoko selekcioniranom uzorku vrhunskih mladih stolnotenisača, donosi drugačiju perspektivu i važno upozorenje. Nakon kontrole za spol i dob na testiranju, nisu pronađeni značajni učinci skupine uspješnosti za ključne testove perceptivno-motoričkih vještina i općih motoričkih sposobnosti. Drugim riječima, unutar već visoko selekcionirane populacije vrhunskih mladih sportaša, ovi testovi gube svoju diskriminativnu moć. Jedini test koji je pokazao tendenciju razlikovanja bio je intervalni *Shuttle run*, ali ni taj učinak nije ostao robustan nakon primjene strožih statističkih procedura.

Ovaj nalaz ne umanjuje praktičnu vrijednost procjene perceptivno-motoričkih i općih motoričkih sposobnosti, već naglašava da njihova uloga ovisi o fazi razvojnog puta sportaša i kontekstu u kojem se procjena provodi. U širim kontekstima otkrivanja i rane identifikacije talenata, takvi testovi mogu biti od velike koristi za prepoznavanje djece čiji motorički i koordinacijski profili odgovaraju zahtjevima pojedinog sporta. Međutim, u naprednim fazama selekcije, kada su igrači već prošli višestruke filterske faze i dosegli visoku razinu temeljnih sposobnosti, te procjene gube svoju prediktivnu snagu. Tada drugi čimbenici – poput tehničko-taktičke kvalitete, psiholoških karakteristika, natjecateljskog iskustva, okruženja za trening, biološkog sazrijevanja i kontekstualnih okolnosti – postaju presudniji za daljnji napredak.

Zajednički, rezultati sva tri istraživanja naglašavaju važnost kontekstualiziranog pristupa testiranju u sportovima s reketom. Valjanost i korisnost testova ne mogu se promatrati kao apsolutne i nepromjenjive kategorije, već ih treba vrednovati u odnosu na specifične zahtjeve pojedinog sporta, razvojnu dob sportaša, razinu već postojeće selekcije unutar populacije te svrhu same procjene. Ova spoznaja ima značajne implikacije za trenere, znanstvenike i sportske praktičare: testiranje treba biti višedimenzionalno, razvojno osjetljivo i usklađeno s fazom u kojoj se sportaš nalazi na svom putu prema vrhunskoj izvedbi. Testovi agilnosti i perceptivno-motoričkih vještina vrijedni su alati, no njihova primjena zahtijeva promišljen, nijansiran i kontekstualno prilagođen pristup. Ne smiju se mehanički koristiti kao jedini kriteriji za selekciju ili predviđanje budućeg uspjeha.

6 LITERATURA

1. Abbott, A., Button, C., Pepping, G.-J., & Collins, D. (2005). Unnatural selection: Talent identification and development in sport. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 9(1), 61–88.
2. Abernethy, B. (1988). The effects of age and expertise upon perceptual skill development in a racquet sport. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59(3), 210–221.
3. Abernethy, B. (1991). Visual search strategies and decision-making in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 189–210.
4. Ackerman, P. (2014). Nonsense, common sense, and science of expert performance: Talent and individual differences. *Intelligence*, 45, 6–17. https://doi.org/10.1016/j.intell.2013.04.009
5. Aguilar, T. E., & Petrakis, E. (1989). Development and initial validation of perceived competence and satisfaction measures for racquet sports. *Journal of Leisure Research*, 21(2), 77–91.
6. Ak, E., & Koçak, S. (2010). Coincidence-anticipation timing and reaction time in youth tennis and table tennis players. *Perceptual and Motor Skills*, 110, 879–887. https://doi.org/10.2466/pms.110.3.879-887
7. Akpinar, S., Devrilmez, E., & Kirazci, S. (2012). Coincidence-anticipation timing requirements are different in racket sports. *Perceptual and Motor Skills*, 115, 581–593. https://doi.org/10.2466/10.25.PMS.115.5.581-593
8. Anderson, L. E., & Smith, T. (2014). Predictive power of agility tests in volleyball performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 340–347. https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0345
9. Anderson, R. T., & Thomas, P. (2014). Reliability of sprint tests in American football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2800–2806. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000467
10. Baker, J., Cobley, S., & Schorer, J. (2012). *Talent identification and development in sport: International perspectives*. Routledge.

11. Baker, J., Wattie, N., & Schorer, J. (2019). A proposed conceptualization of talent in sport: The first step in a long and winding road. *Psychology of Sport and Exercise*, 43, 27–33.

12. Barber-Westin, S. D., Hermeto, A. A., & Noyes, F. R. (2010). A six-week neuromuscular training program for competitive junior tennis players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2372–2382. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e8a47f

13. Barrow, H. M., & McGee, R. (1971). *A practical approach to measurement in physical education*. Lea & Febiger.

14. Bastieans, K. (2006). Physical considerations and tests for a talent identification programme. *ITF Coaching & Sport Science Review*, 39, 8–9.

15. Batterham, A. M., & Atkinson, G. (2005). How big does my sample need to be? A primer on the murky world of sample size estimation. *Physical Therapy in Sport*, 6, 153–163.

16. Bloomfield, J., Ackland, T. R., & Elliot, B. C. (1994). *Applied anatomy and biomechanics in sport*. Blackwell Scientific.

17. Brechbuhl, C., Girard, O., Millet, G. P., & Schmitt, L. (2016). On the use of a test to exhaustion specific to tennis (TEST) with ball hitting by elite players. *PLOS ONE*, 11(4), e0152389. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152389

18. Brown, A. J., & Williams, B. (2014). Reliability of anaerobic tests in elite cycling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 642–649. https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0445

19. Buchheit, M. (2014). Monitoring and analysis of training status in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(6), 1023–1032. https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0250

20. Buchheit, M., & Gindre, C. (2011). Monitoring training status with heart rate measures. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 68–75. https://doi.org/10.1123/ijspp.6.1.68

21. Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and perceptual parameters. *Sports Medicine*, 43(10), 917–941. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5

22. Buekers, M., Ibáñez-Gijón, J., Morice, A. H., Rao, G., Mascret, N., Laurin, J., & Montagne, G. (2017). Interdisciplinary research: A promising approach to investigate elite performance in sports. *Quest*, 69(1), 65–79.

23. Campbell, G., & Martin, P. (2013). Validity of the shuttle run test in rugby players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(1), 100–107.

24. Chaabene, H., Negra, Y., Bouguezzi, R., Capranica, L., Franchini, E., Prieske, O., & Granacher, U. (2018). Tests for the assessment of sport-specific performance in Olympic combat sports: A systematic review with practical recommendations. *Frontiers in Physiology*, 9, 386. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00386

25. Chen, K., Chueh, T., & Hung, T. (2024). Differences in visuospatial cognition among table tennis players of different skill levels: An event-related potential study. *PeerJ*, 12, e17295. https://doi.org/10.7717/peerj.17295

26. Chu, T. L., Zhang, T., & Hung, T. M. (2018). Motivational profiles in table tennis players: Relations with performance anxiety and subjective vitality. *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2738–2750.

27. Clarke, H. E. (1959). *Application of measurement to health and physical education*. Prentice-Hall.

28. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

29. Collins, A., & Stevens, R. (2019). Integrating cognitive and physical assessments to predict performance in diverse sports. *Journal of Sports Sciences*, 37(5), 489–497. https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1514161

30. Cooper, H., & Edwards, J. (2015). Evaluation of physical performance tests in soccer: A systematic review. *Sports Medicine*, 45(2), 221–232. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0280-9

31. Crothers, D. S. F. (1992). Mathematics in sport: II. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 23(2), 225–233.

32. Davids, K., & Baker, J. (2007). Genes, environment and sport performance: Why the nature–nurture dualism is no longer relevant. *Sports Medicine*, 37(11), 961–980. https://doi.org/10.2165/00007256-200737110-00004

33. Davis, K. S., & Wilson, J. (2013). Development and validation of a new test for explosive power in rugby. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(3), 650–658.

34. Deng, N., Soh, K. G., Abdullah, B., & Huang, D. (2023). Effects of plyometric training on measures of physical fitness in racket sport athletes: A systematic review and meta-analysis. *PeerJ*, 11, e16638. https://doi.org/10.7717/peerj.16638

35. Doherty, S. A. P., Martinent, G., Martindale, A., & Faber, I. R. (2018). Determinants for table tennis performance in elite Scottish youth players using a multidimensional approach: A pilot study. *High Ability Studies*, 29(1), 1–18. https://doi.org/10.1080/13598139.2018.1496069

36. Edel, A., Song, Y., Wiewelhove, T., & Ferrauti, A. (2019). Activity profiles and physiological responses during match play in four popular racquet sports: A literature review. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 49(3), 221–231.

37. Edwards, J. K., & Miller, T. (2017). Reliability of field tests in endurance running. *Journal of Sports Sciences*, 35(4), 388–395. https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1172726

38. Elferink-Gemser, M. T., Jordet, G., Coelho-E-Silva, M. J., & Visscher, C. (2011). The marvels of elite sports: How to get there? *British Journal of Sports Medicine*, 45(9), 683–684. https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090254

39. Elferink-Gemser, M. T., Visscher, C., Lemmink, K. A. P. M., & Mulder, T. (2007). Multidimensional performance characteristics and standard of performance in talented youth field hockey players: A longitudinal study. *Journal of Sports Sciences*, 25(4), 481–489. https://doi.org/10.1080/02640410600719945

40. Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3), 363–406. https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.3.363

41. Eriksson, A., Johansson, F. R., & Bäck, M. (2015). Reliability and criterion-related validity of the 20-yard shuttle test in competitive junior tennis players. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6, 269–276. https://doi.org/10.2147/OAJSM.S86437

42. Faber, I. R., Bustin, P. M. J., Oosterveld, F. G. J., Elferink-Gemser, M. T., & Nijhuis-Van der Sanden, M. W. G. (2015a). Assessing personal talent determinants in young racquet sport players: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 33(19), 2019–2031. https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1061201

43. Faber, I. R., Damsma, T., & Pion, J. (2020). Finding talent and establishing the road to excellence in table tennis: The Dutch case. In *Talent identification and development in sport* (pp. 115–129). Routledge.

44. Faber, I. R., Elferink-Gemser, M. T., Faber, N. R., Oosterveld, F. G. J., & Nijhuis-Van der Sanden, M. W. G. (2016). Can perceptuo-motor skills assessment outcomes in young table tennis players (7–11 years) predict future competition participation and performance? An observational prospective study. *PLOS ONE*, 11(2), e0149037. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149037

45. Faber, I. R., Elferink-Gemser, M. T., Oosterveld, F. G. J., Twisk, J. W. R., & Nijhuis-Van der Sanden, M. W. G. (2017). Can an early perceptuo-motor skills assessment predict future performance in youth table tennis players? An observational study (1998–2013). *Journal of Sports Sciences*, 35(6), 593–601. https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1180421

46. Faber, I. R., Koopmann, T., Büsch, D., & Schorer, J. (2021). Developing a tool to assess technical skills in talented youth table tennis players—A multi-method approach combining professional and scientific literature and coaches' perspectives. *Sports Medicine-Open*, 7(1), 42. https://doi.org/10.1186/s40798-021-00331-9

47. Faber, I. R., Koopmann, T., Schipper-van Veldhoven, N., Twisk, J., & Pion, J. (2023). Can perceptuo-motor skills outcomes predict future competition participation/drop-out and competition performance in youth table tennis players? A 9-year follow-up study. *PLOS ONE*, 18(2), e0281731. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281731

48. Faber, I. R., Nijhuis-Van Der Sanden, M. W., Elferink-Gemser, M. T., & Oosterveld, F. G. (2015b). The Dutch motor skills assessment as tool for talent development in table tennis: A reproducibility and validity study. *Journal of Sports Sciences*, 33(11), 1149–1158. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.986503

49. Faber, I. R., Oosterveld, F. G. J., & Nijhuis-Van der Sanden, M. W. G. (2014). Does an eye–hand coordination test have added value as part of talent identification in table tennis? A validity and reproducibility study. *PLOS ONE*, 9(1), e85657. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085657

50. Faber, I. R., Pion, J., Munivrana, G., Faber, N. R., & Nijhuis-Van der Sanden, M. W. G. (2018). Does a perceptuomotor skills assessment have added value to detect talent for table tennis in primary school children? *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2716–2723. https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1474533

51. Faude, O., Meyer, T., Rosenberger, F., Fries, M., Huber, G., & Kindermann, W. (2007). Physiological characteristics of badminton match play. *European Journal of Applied Physiology*, 100(4), 479–485. https://doi.org/10.1007/s00421-007-0441-8

52. Fernandez-Fernandez, J., De Villarreal, E. S., Sanz-Rivas, D., & Moya, M. (2016). The effects of 8-week plyometric training on physical performance in young tennis players. *Pediatric Exercise Science*, 28(1), 77–86. https://doi.org/10.1123/pes.2015-0035

53. Fernandez-Fernandez, J., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2014). Fitness testing of tennis players: How valuable is it? *British Journal of Sports Medicine*, 48(Suppl 1), i22–i31. https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093152

54. Filipčič, A., & Filipčič, T. (2005). The relationship of tennis-specific motor abilities and the competition efficiency of young female tennis players. *Kinesiology*, 37(2), 164–172.

55. Fuchs, M., Liu, R., Malagoli Lanzoni, I., Munivrana, G., Straub, G., Tamaki, S., Yoshida, K., Zhang, H., & Lames, M. (2018). Table tennis match analysis: A review. *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2653–2662. https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1450073

56. Gagné, F. (2004). Transforming gifts into talents: The DMGT as a developmental theory. *High Ability Studies*, 15(2), 119–147. https://doi.org/10.1080/1359813042000314682

57. Galton, F. (1865). Hereditary talent and character. *Macmillan's Magazine*, 12, 157–166.

58. Garcia, M. L., & Johnson, D. (2016). Assessing endurance in volleyball players: A novel test. *European Journal of Applied Physiology*, 116(9), 1735–1743. https://doi.org/10.1007/s00421-016-3423-x

59. Giles, B., Peeling, P., & Reid, M. (2022). Quantifying change of direction movement demands in professional tennis matchplay: An analysis from the Australian Open Grand Slam. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(3), 745–750. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003586

60. Girard, O., & Millet, G. P. (2009). Physical determinants of tennis performance in competitive teenage players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1867–1872. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3e1c5

61. Güçlüöver, A., Demirkan, E., Kutlu, M., Ciğerci, A. E., & Esen, H. T. (2012). The comparison of some physical and physiological features of elite youth national and amateur badminton players. *Journal of Physical Education and Sport Sciences*, 6(3), 244–250.

62. Hays, R. D., Anderson, R., & Revicki, D. (1993). Psychometric considerations in evaluating health-related quality of life measures. *Quality of Life Research*, 2(6), 441–449. https://doi.org/10.1007/BF00422218

63. Hojka, V., Stastny, P., Rehak, T., Skotakova, A., & Musalek, M. (2016). A systematic review of the main factors that determine agility in sport using structural equation modeling. *Journal of Human Kinetics*, 52, 115–123. https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0199

64. Huera-Huarte, F. J. (2014). Some observations on the flow physics of paddle racquets. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 228(1), 40–48.

65. Huggins, J., Jarvis, P., Brazier, J., Kyriacou, Y., & Bishop, C. (2017). Within- and between-session reliability of the spider drill test to assess change of direction speed in youth tennis athletes. *International Journal of Sports and Exercise Medicine*, 3(5), 1–6. https://doi.org/10.23937/2469-5718/1510079

66. Hughes, M. G. (2006). *The badminton fitness testing*. National Badminton Centre.

67. Hughes, M. G., & Bopf, G. (2005). Relationships between performance in jump tests and speed tests in elite badminton players. *Journal of Sports Sciences*, 23(2), 194–195.

68. Hughes, M. G., Pugliese, L., & Andrew, M. (2008). The validity and reliability of an established series of badminton-specific field tests. *Journal of Sports Sciences*, 26(S2), S43.

69. Huijgen, B. C., Faber, I. R., & Elferink-Gemser, M. T. (2021). Measuring agility in tennis, badminton, and squash: A systematic review. *Strength and Conditioning Journal*, 43(5), 53–67. https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000640

70. Ihsan, F., Nasrulloh, A., & Nugroho, S. (2024). Analysis of key factors affecting the achievement of badminton athletes at the international level: A systematic review. *Fizjoterapia Polska*, (2).

71. Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2012). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Sports Medicine*, 42(3), 213–227. https://doi.org/10.2165/11597170-000000000-00000

72. Inglis, P., & Bird, S. P. (2016). Reactive agility tests—Review and practical applications. *Journal of Australian Strength & Conditioning*, 24(5), 62–69.

73. Jansen, M. G., Elferink-Gemser, M. T., Hoekstra, A. E., Faber, I. R., & Huijgen, B. C. H. (2021b). Design of a tennis-specific agility test (TAT) for monitoring tennis

players. *Journal of Human Kinetics*, 80(1), 239–250. https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0094

74. Jansen, M. G., Huijgen, B. C., Faber, I. R., & Elferink-Gemser, M. T. (2021a). Measuring agility in tennis, badminton, and squash: A systematic review. *Strength and Conditioning Journal*, 43(2), 53–67. https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000640

75. Jelaska, G., Faber, I., Yaodong, G., & Martinent, G., & Munivrana, G. (2026). Development, reliability and performance level discriminative validity of a new badminton-specific reactive agility test. *Acta Kinesiologica*, (00), 69–77. https://doi.org/10.51371/issn.1840-2976.644

76. Johnson, B. L., & Nelson, J. K. (1969). *Practical measurements for evaluation in physical education*. Burgess Publishing Company.

77. Johnson, M., & Davis, S. (2018). Development of agility tests for field hockey players. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 789–796. https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1340654

78. Jones, P. A., Bampouras, T., & Marrin, K. (2009). An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 97–104.

79. Jonker, L., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2010). Differences in self-regulatory skills among talented athletes: The significance of competitive level and type of sport. *Journal of Sports Sciences*, 28(8), 901–908. https://doi.org/10.1080/02640411003797157

80. Kondrič, M., Zagatto, A. M., & Sekulić, D. (2013). The physiological demands of table tennis: A review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 362–370.

81. Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012

82. Kovacs, M. S. (2006). Applied physiology of tennis performance. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 381–386. https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.023309

83. Kovacs, M. S. (2007). Tennis physiology: Training the competitive athlete. *Sports Medicine*, 37, 189–198. https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00001

84. Kraemer, H. C., & Blasey, C. (2015). *How many subjects? Statistical power analysis in research*. Sage Publications.

85. Lam, E. T., & Zhang, J. J. (2002). The development and validation of a racquetball skills test battery for young adult beginners. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 6(2), 95–126.

86. Lees, A. (2003). Science and the major racket sports: A review. *Journal of Sports Sciences*, 21(9), 707–732. https://doi.org/10.1080/0264041031000140275

87. Lemmink, K. A., Visscher, C., Lambert, M. I., & Lamberts, R. P. (2004). The interval shuttle run test for intermittent sport players: Evaluation of reliability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 821–82. https://doi.org/10.1519/13993.1

88. Leone, M. A., Comtois, A. S., Tremblay, F. R., & Léger, L. (2006). Specificity of running speed and agility in competitive junior tennis players. *Med Sci Tennis*, 11, 10–11.

89. Limoochi, S. (2006). A survey of table tennis coaches' opinions of some criteria in talent identification. *International Journal of Table Tennis Sciences*, 6, 280–287.

90. Lloyd, J., Ackland, T. R., & Cochran, J. (1994). Balance and agility. In J. Bloomfield, T. R. Ackland, & B. C. Elliot (Eds.), *Applied anatomy and biomechanics in sport* (pp. 211–226). Blackwell Scientific Publications.

91. Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., & De Ste Croix, M. B. A. (2014). Chronological age vs. biological maturation: Implications for exercise programming in youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1454–1464. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000348

92. Loureiro, L. D., & de Freitas, P. B. (2016). Development of an agility test for badminton players and assessment of its validity and test–retest reliability. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 305–310. https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0112

93. Loureiro, L. D., Dias, M. O., Cremasco, F. C., da Silva, M. G., & de Freitas, P. B. (2017). Assessment of specificity of the badcamp agility test for badminton players. *Journal of Human Kinetics*, 57(1), 191–198. https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0053

94. Madsen, C. M., Karlsen, A., & Nybo, L. (2015). Novel speed test for evaluation of badminton-specific movements. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1203–1210. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000766

95. Mansec, Y. L., Dorel, S., Nordez, A., & Jubeau, M. (2016). Sensitivity and reliability of a specific test of stroke performance in table tennis. *International*

Journal of Sports Physiology and Performance, 11(5), 678–684. https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0444

96. Martinent, G., Cece, V., Elferink-Gemser, M. T., Faber, I. R., & Decret, J. C. (2018). The prognostic relevance of psychological factors with regard to participation and success in table-tennis. *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2724–2731.

97. Martinent, G., Decret, J. C., Guillet-Descas, E., & Isoard-Gautheur, S. (2014). A reciprocal effects model of the temporal ordering of motivation and burnout among youth table tennis players in intensive training settings. *Journal of Sports Sciences*, 32(17), 1648–1658.

98. Mathews, D. K. (1973). *Measurements in physical education*. W. B. Saunders.

99. McAfee, R. (2009). *Table tennis: Steps to success*. Human Kinetics.

100. Metikoš, D., Prot, F., Hofman, E., Pintar, Ž., & Oreb, G. (1989). *Mjerenje bazičnih motoričkih dimenzija sportaša*. Fakultet za fizičku kulturu.

101. Miller, R., & Taylor, D. (2017). Predictive validity of fitness tests in track and field athletes. *Journal of Applied Physiology*, 122(1), 54–62. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00952.2016

102. Morrow, J. R., Jr., Jackson, A. W., Disch, J. G., & Mood, D. P. (2011). Norm referenced reliability and validity. In *Measurement and evaluation in human performance* (5th ed., pp. 89–104). Human Kinetics.

103. Munivrana, G., Filipčić, A., & Filipčić, T. (2015). Relationship of speed, agility, neuromuscular power, and selected anthropometrical variables and performance results of male and female junior tennis players. *Collegium Antropologicum*, 39(Supplement 1), 109–116.

104. Munivrana, G., Furjan-Mandić, G., & Kondrič, M. (2015a). Determining the structure and evaluating the role of technical-tactical elements in basic table tennis playing systems. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(1), 111–132. https://doi.org/10.1260/1747-9541.10.1.111

105. Munivrana, G., Jelaska, G., & Tomljanović, M. (2025). Performance level discriminative validity of agility tests in youth tennis players. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1486777. https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1486777

106. Munivrana, G., Jelaska, I., & Tomljanović, M. (2022). Design and validation of a new tennis-specific reactive agility test—A pilot study. *International Journal of*

Environmental Research and Public Health, 19(16), 10039. https://doi.org/10.3390/ijerph191610039

107. Munivrana, G., Petrinović, L., & Kondrič, M. (2015b). Structural analysis of technical-tactical elements in table tennis and their role in different playing zones. *Journal of Human Kinetics*, 47, 197–214. https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0076

108. Murphy, A. P., Duffield, R., Kellett, A., Gescheit, D., & Reid, M. (2015). The effect of predeparture training loads on posttour physical capacities in high-performance junior tennis players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8), 986–993. https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0037

109. Murphy, D. J., & Rodriguez, A. (2018). Assessing the predictive validity of physical fitness tests in multi-sport athletes. *European Journal of Sport Science*, 18(6), 800–809. https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1458907

110. Nijenhuis, S. B., Koopmann, T., Mulder, J., Elferink-Gemser, M. T., & Faber, I. R. (2024). Multidimensional and longitudinal approaches in talent identification and development in racket sports: A systematic review. *Sports Medicine-Open*, 10(1), 4. https://doi.org/10.1186/s40798-024-00675-2

111. Ooi, C. H., Tan, A., Ahmad, A., Kwong, K. W., Sompong, R., Mohd Ghazali, K. A., Liew, S. L., Chai, W. J., & Thompson, M. W. (2009). Physiological characteristics of elite and sub-elite badminton players. *Journal of Sports Sciences*, 27(14), 1591–1599. https://doi.org/10.1080/02640410903352907

112. Özdemir, O., Odabaş, İ., & Turan, T. (2019). Impact of racquet evolution: How new technologies affected tennis players' statistics. *Pamukkale Journal of Sport Sciences*, 10(2), 10–16.

113. Pacharoni, R., Urso, R. P., Neto, L. B., & Massa, M. (2014). Multi and interdisciplinary intervention in tennis. *Coaching & Sport Science Review*, 22(62).

114. Paterson, S., McMaster, D. T., & Cronin, J. (2016). Assessing change of direction ability in badminton athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 38(6), 18–30.

115. Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(4), 443–450. https://doi.org/10.1519/00124278-200011000-00012

116. Pfeiffer, M., Zhang, H., & Hohmann, A. (2010). A Markov chain model of elite table tennis competition. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 5(2), 205–222. https://doi.org/10.1260/1747-9541.5.2.205

117. Phillips, E., Davids, K., Renshaw, I., & Portus, M. (2010). Expert performance in sport and the dynamics of talent development. *Sports Medicine*, 40(4), 271–283. https://doi.org/10.2165/11319430-000000000-00000

118. Phomsoupha, M., Berger, Q., & Laffaye, G. (2018). Multiple repeated sprint ability test for badminton players involving four changes of direction: Validity and reliability (part 1). *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(2), 423–431. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002319

119. Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The science of badminton: Game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports Medicine*, 45, 473–495.

120. Pion, J., Segers, V., Fransen, J., Debuyck, G., Deprez, D., Haerens, L., Vaeyens, R., & Philippaerts, R. (2015). Generic anthropometric and performance characteristics among elite adolescent boys in nine different sports. *European Journal of Sport Science*, 15(5), 357–366. https://doi.org/10.1080/17461391.2014.944875

121. Pradas, F., Toro-Román, V., de la Torre, A., Moreno-Azze, A., Gutiérrez-Betancur, J. F., & Ortega-Zayas, M. Á. (2022). Analysis of specific physical fitness in high-level table tennis players—Sex differences. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5119. https://doi.org/10.3390/ijerph19095119

122. Primo, L., Gutiérrez-Suárez, A., & Gómez, M. Á. (2019). Analysis of challenge request success according to contextual variables in elite badminton. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 49, 259–265.

123. Raab, M., Masters, R. S. W., & Maxwell, J. P. (2005). Improving the 'how' and 'what' decisions of elite table tennis players. *Human Movement Science*, 24(3), 326–344. https://doi.org/10.1016/j.humov.2005.06.004

124. Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. (2010). Technical performance in soccer: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 145–154. https://doi.org/10.1080/02640410903502707

125. Raya, M. A., Gailey, R. S., Gaunaurd, I. A., Jayne, D. M., Campbell, S. M., Gagne, E., & Tucker, C. (2013). Comparison of three agility tests with male service

members: Edgren side step test, T-test, and Illinois agility test. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 50(7), 951–960. https://doi.org/10.1682/JRRD.2012.05.0096

126. Roberts, L., & Green, D. (2018). Development of sport-specific performance tests in American football. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 123–130. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002345

127. Robertson, K., Pion, J., Mostaert, M., Norjali Wazir, M. R. W., Kramer, T., Faber, I. R., ... & Lenoir, M. (2018). A coaches' perspective on the contribution of anthropometry, physical performance, and motor coordination in racquet sports. *Journal of Sports Sciences*, 36(23), 2706–2715.

128. Sekulic, D., Uljevic, O., Peric, M., Spasic, M., & Kondric, M. (2017). Reliability and factorial validity of non-specific and tennis-specific pre-planned agility tests; preliminary analysis. *Journal of Human Kinetics*, 55(1), 107–116. https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0012

129. Semenick, D. (1990). Tests and measurements: The T-test. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 12(1), 36–37.

130. Sève, C., Saury, J., Theureau, J., & Durand, M. (2002). Activity organization and knowledge construction during competitive interaction in table tennis. *Cognitive System Research*, 3(4), 501–522. https://doi.org/10.1016/S1389-0417(02)00048-6

131. Shalar, O. G., Strikalenko, E. A., & Ivaschenko, A. N. (2013). Individual properties of personality as criterion of choice of style of game of tennis players. *Physical Education of Students*, 17(2), 69–73.

132. Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. https://doi.org/10.1080/02640410500457109

133. Siener, M., & Hohmann, A. (2019). Talent orientation: The impact of motor abilities on future success in table tennis. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 49(3), 232–243.

134. Simonton, D. K. (2001). Talent development as a multidimensional, multiplicative, and dynamic process. *Current Directions in Psychological Science*, 10(2), 39–43. https://doi.org/10.1111/1467-8721.00110

135. Singh, G., Singh, S., Negi, A., Mohindra, A., & Kaur, J. (2022). A comparative study of mental health and emotional maturity among badminton and tennis players.

International Journal of Physical Education Sports Management and Yogic Sciences, 12(1), 48–57.

136. Skidelsky, W. (2023). Anyone for padel? The fast-growing racquet sport serving up a challenge to tennis. *Spectator*, 352(10167), 20–22.

137. Smith, R. T., & Brown, J. (2019). Reliability of strength and conditioning tests in swimming performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 450–457. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002978

138. Soyler, M., & Cingoz, Y. E. (2023). Balance control, agility, eye-hand coordination for the sportive performance of amateur tennis players: A pilot study. *Journal of ROL Sport Sciences*, 4(2), 729–745.

139. Starzak, M., Niźnikowski, T., Biegajło, M., Nogal, M., Arnista, W. Ł., Mastalerz, A., & Starzak, A. (2024). Attentional focus strategies in racket sports: A systematic review. *PLOS ONE*, 19(1), e0285239. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285239

140. Stone, M. H., Stone, M., & Sands, W. A. (2013). Principles and practice of resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1351–1360. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828b4b8e

141. Strel, J., Ambrožič, F., Kondrič, M., Kovač, M., Leskošek, B., & Štihec, J. (1997). *Sports-educational chart*. Ministry of Education and Sport.

142. Taylor, J. B., & Nevill, A. M. (2015). Cognitive and physical predictors of basketball performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(6), 570–578. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.951873

143. Thomas, S., & Greaves, K. A. (2015). The validity of the Yo-Yo intermittent recovery test: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 120–129. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000696

144. Thompson, R., & Lee, S. (2016). Development and reliability of a novel test for explosive power in baseball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2222–2228. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001345

145. Tsetseli, M., Malliou, V., Zetou, E., Michalopoulou, M., & Kambas, A. (2010). The effect of coordination training program on the development of tennis service technique. *Biology of Exercise*, 6(1), 29–36.

146. Tucker, R., & Collins, M. (2012). What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success. *British Journal of Sports Medicine*, 46(8), 555–561. https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090548

147. Ulbricht, A., Fernandez-Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Ferrauti, A. (2016). Impact of fitness characteristics on tennis performance in elite junior tennis players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(4), 989–998. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001267

148. Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2008). Talent identification and development programmes in sport: Current models and future directions. *Sports Medicine*, 38(9), 703–714. https://doi.org/10.2165/00007256-200838090-00001

149. Vandorpe, B., Vandendriessche, J., Vaeyens, R., Pion, J., Lefevre, J., Philippaerts, R., & Lenoir, M. (2012). The value of a non-sport-specific motor test battery in predicting performance in young female gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 30(5), 497–505. https://doi.org/10.1080/02640414.2012.654399

150. Ward, D. (2014). *The influence of tennis playing ability on change of direction speed and reactive agility* [Unpublished master's thesis]. University of Wales.

151. Williams, C. M., & Thompson, R. (2016). Validity of physiological tests for predicting performance in rowing. *European Journal of Sport Science*, 16(2), 216–223. https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1025851

152. Wilson, P., & Martin, G. (2017). Aerobic fitness assessment in basketball: A critical review. *Journal of Sports Sciences*, 35(3), 287–295. https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1172727

153. Yin, H. (2022). Analysis on the factors affecting the psychological stability of tennis players. *Psychiatria Danubina*, 34(Suppl 1), 175–176.

154. Young, W. B., Dawson, B., & Henry, G. J. (2015). Agility and change-of-direction speed are independent skills: Implications for training for agility in invasion sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(1), 159–169. https://doi.org/10.1260/1747-9541.10.1.159

155. Zagatto, A. M., Kondric, M., Knechtle, B., Nikolaidis, P. T., & Sperlich, B. (2018). Energetic demand and physical conditioning of table tennis players. A study review. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 724–731. https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1335957

156. Zagatto, A. M., Morel, E. A., & Gobatto, C. A. (2010). Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 942–949. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cb7003

157. Zemková, E., & Hamar, D. (2013). Assessment of agility performance under sport-specific conditions. *Asian Journal of Exercise & Sports Science*, 10(1), 47–60.

158. Zemková, E., & Hamar, D. (2014). Agility performance in athletes of different sport specializations. *Acta Gymnica*, 44(3), 133–140. https://doi.org/10.5507/ag.2014.013

159. Zemková, E., & Hamar, D. (2018). Sport-specific assessment of the effectiveness of neuromuscular training in young athletes. *Frontiers in Physiology*, 9, 264. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00264

7 ŽIVOTOPIS DOKTORANDA

Goran Jelaska rođen je 29. travnja 1973. godine u Splitu. Od rane mladosti aktivno se bavio sportom, a 1991. je postao juniorski prvak Hrvatske u boksu u teškoj kategoriji. Nakon završetka srednjoškolskog obrazovanja, 1992. godine upisuje Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, na kojemu je diplomirao 2000. godine i stekao akademski naslov doktora medicine (dr. med.).

Svoj profesionalni radni put započinje 2002. godine u Hitnoj pomoći Split, gdje radi do 2004. godine. Nakon toga, od 2004. do 2019. godine zaposlen je u Općoj bolnici Virovitica kao doktor medicine, specijalist opće kirurgije i subspecijalist vaskularne kirurgije. U tom razdoblju prolazi i kroz stručna usavršavanja pa tako od 2004. do 2009. godine završava specijalizaciju opće kirurgije, a od 2015. do 2017. godine i subspecijalizaciju vaskularne kirurgije.

Tijekom 2020. godine nastavlja stručno usavršavanje kroz specijalizaciju opće kirurgije u Kliničkoj bolnici Sveti Duh. Od 2020. do 2023. godine radi na poslovima specijalista opće kirurgije. Od 2023. godine pa do danas zaposlen je na poslovima subspecijalizacije vaskularne kirurgije u Općoj bolnici Virovitica.

Uz bolnički rad, spajajući medicinsko znanje i ljubav prema sportu, redovito sudjeluje kao službeni liječnik na brojnim sportskim turnirima i natjecanjima.

U svrhu daljnjeg znanstvenog i stručnog napredovanja, 2016. godine upisuje poslijediplomski doktorski studij kineziologije na Kineziološkom fakultetu u Splitu, Aktivno se služi engleskim jezikom u govoru i pismu, a posjeduje i znanje njemačkog jezika na razini B1.

Oženjen je i otac dvoje djece.