

УДК 796.386.012.1

## УТИЦАЈ ДОМИНАНТНЕ РУКЕ НА ТЕХНИЧКО-ТАКТИЧКУ АКТИВНОСТ И ЕФИКАСНОСТ ВРХУНСКИХ ИГРАЧА СТОНОГ ТЕНИСА У СВЕТУ

### Сажетак

У истраживању, чији је задатак био да се утврди утицај доминантне руке на техничко тактичку активност и ефикасност врхунских играча стоног тениса, анализирана су 846 сета које је одиграло 77 играча, учесника завршног олимпијског турнира, током одиграних 77 дуела. Свака опсервација је била описана преко скупа од 28 варијабли. Добијени резултати су подвргнути дескриптивној, инференцијалној и мултиваријантној статистичкој анализи. У основном узорку играча, 28.57% су били леворуки играчи, што је битно одступање од заступљености леворуких људи у општој популацији. Ман-Витнијевим (Mann-Whitney) тестом је утврђена значајна разлика између леворуких и десноруких играча у 10 варијабли. Бинарном логистичком регресионом анализом је екстрахован скуп од 9 варијабли које су значајно разликовале леворуке од десноруких играча. Добијени регресиони модел је био високо значајан (Hosmer-Lemeshaw  $p=$ .8451; AUROC  $p<$ .00001; сензитивност 62.18%; специфичност 89.25%) и исправно је класификовано 69.03% анализираних опсервација. Дискриминациона анализа (Mahalanobisova удаљеност центроида  $p<$ .00001) је указала на 8 варијабли са значајним доприносом каноничкој димензији која је максимизирала удаљеност између посматраних група. Закључено је да је утицај доминантне руке у игри врхунских стонотенисера значајан и у корист леворуких играча, на што би требало обратити пажњу у селекцији и тренажном процесу.

**Кључне речи:** ОЛИМПИЈСКИ ТУРНИР / БИНАРНА ЛОГИСТИЧКА РЕГРЕСИОНА АНАЛИЗА / ДИСКРИМИНАЦИОНА АНАЛИЗА

## THE DOMINANT HAND INFLUENCE ON TECHNICAL AND TACTICAL ACTIVITY AND EFFICIENCY OF TOP TABLE TENNIS PLAYERS IN THE WORLD

### Abstract

The study, aiming to determine the dominant hand influence on technical and tactical activity and efficiency of top table tennis players, analyzed the 846 sets played by 77 players, participants in the final of the Olympic tournament, during the 77 duels. Each observation has been described through a 28 variables set. The results were submitted to descriptive, inferential and multivariate statistical analysis. In the basic player sample 28.57% were left-handed players, which was an essential aberration from the representation of left-handed people in the general population. By the Mann-Whitney test was determined significant difference between left-handed and right-handed players in 10 variables. Binary logistic regression analysis extracted a set of 9 variables that were significantly differ the left-handed from right-handed players. The obtained regression model was highly significant (Hosmer-Lemeshaw  $p=$ .8451; AUROC  $p<$ .00001; sensitivity of 62.18%, specificity 89.25%) and correctly classified 69.03% of the analyzed observations. Discriminant analysis (Mahalanobis distance to centroid  $p<$ .00001) pointed to 8 variables with significant contribution to the canonical dimension that maximized the distance between the observed groups. It was concluded that the influence of the dominant hand in a top table tennis players game is significant and in favor of left-handed players, what one should pay attention to in the selection and training process.

**Key words:** OLYMPIC TOURNAMENT / BINARY LOGISTIC REGRESSION ANALYSIS / DISCRIMINANT ANALYSIS

## 1. Увод

Такмичење у стоном тенису првенствено представља директно надметање два играча, због чега многи фактори техничко-тактичке и функционалне природе утичу на такмичарску ефикасност и коначан резултат. Један од тих фактора је и доминантна рука којом се такмичар служи, што може да има значајног утицаја на исход меча, а последично и на процесе иницијалне и етапне селекције, тренинга и усмеравања у овом спорту.

Људи који имају десну руку за доминантну чине више од 90% популације (Fisk & Goodale, 1985). Коришћење леве руке као доминантне у свакодневним моторичким активностима, као што је нпр. бацање или коришћење чекића, варира у распону од око 10% до 13% (Raymond, Pontier, Dufour, & Moller, 1996). Иако се историјски леворукост сматрала грехом и говорило се да је лева рука у вези са ђаволом, женском страном, слабашћу и нездравашћу, што је био разлог да су се деца присиљавала да користе десну руку (Milenković, Belojević, & Kosćančić, 2010), проценат леворуких у популацији се није битно мењао у периоду од неколико хиљада година (Faurie & Raymond, 2004).

На избор доминантне руке најзначајније утичу сложени неурофизиолошки процеси и законитости. Тако су код дешњака у левој можданој хемисфери лоцирани механизми претежне контроле десне руке, али и центри који су одговорни за говор (Kimura, 1977). Веза контроле десне руке и говора код дешњака се огледа и у чињеници да код говора користе десну руку у спонтаном гестикуирању (Kimura, 1973a, 1973b). Истраживања указују и на доминантну улогу леве хемисфере код дешњака у моторичким задацима у којима треба руком погодити задати циљ, као и када је моторички задатак усмерен на хватање и манипулацију предметима (Fisk & Goodale, 1985; Hampson & Kimura, 1984).

Закључци које истраживачи предлажу, указују на лоцирање организације секвенцијалних покрета кранијалних екстремитета у левој можданој хемисфери, што за последицу има доминацију десне руке, са којом ова хемисфера има директнији кортико спинални контакт, него са левом руком, са којом се веза успоставља слањем сигнала преко десне мождане хемисфере (Hampson & Kimura, 1984; Todor & Doane, 1978). Наиме, познато је да оштећења леве мождане хемисфере код дешњака има за последицу испаде у контроли покрета, како десне, тако и леве руке.

Примећено је да у екипним и индивидуалним спортовима, у којима нема надметања један на један, пропорција леворуких и десноруких спортиста прати пропорцију карактеристичну за општу популацију, док је у спортовима као што је стони тенис, бокс, тенис или мачење ова пропорција знатно померена у корист леворуких спортиста. Ова разлика је толика да је учесталост леворуких спортиста два до четири пута већа у односу на популацију вршњака (Grouios, 2004). Интересантно је да је ова предност примећена и у играма голмана у фудбалу, за које није могуће тврдити да је то последица нарушене симетрије у извођењу техничко тактичких елемената (Wood & Aggleton, 1989). Тренутно егзистирају две паралелне теорије које објашњавају овај феномен (Grouios, Tsorbatzoudis, Alexandris, & Barkoukis, 2000). По једној се ово дешава због супериорности леворуких спортиста по основу тактичких и стратешких фактора, који опредељују ефикасност у надметању са противницима, док друга теорија претпоставља својеврсну интринзичну супериорност леворуких спортиста у овим спортским гранама.

Тако је у бејзболу примећена већа учесталост играча који бацају и ударају лоптицу левом руком, што је објашњено недостатком хемисферичне латерализације код леворуких играча (Hardyck & Petrinovich, 1977), чиме се дају аргументи у прилог теорије о интринзичној супериорности. Овоме говоре у прилог и налази истраживача који чак тврде да је избор доминантне руке у неким спортовима од пресудног значаја (Bache & Orellana, 2014). Као доказе за теорију о тактичким и стратешким предностима код леворуких спортиста у односу на своје противнике, наводе се сличности спортског надметања са борбом и агресивним понашањем, које је примећено у популацији леворуких људи (Faurie & Raymond, 2005), чему говори у прилог и чињеница да се у десној хемисфери налазе и центри за емоције и афективно понашање (Ross, 1984). Сви наведени разлози наводе на потребу увршћавања у поступке селекције и усмеравања младих спортиста и утврђивање доминантне руке, ноге и ока (Aswathappa, Kutty, & Annamalai, 2011).

Координациона ефикасност може да буде објашњена и избором доминантне руке код испитаника, јер је показано да се леворуки и десноруки испитаници разликују у покретима премештања (Hughes, Reißig, & Seegelke, 2011). Тако је и код спортиста примећена супериорност леворуких у односу на

десноруке спортисте (Grouios et al., 2000), што аутори приписују, између осталог, повећаној агресивности и недостатку толеранције.

Између доминантне руке и доминантног ока постоји несумњива функционална веза која има стохастички карактер (McManus, Porac, Bryden, & Boucher, 1999). Наиме, код испитаника са доминантним левим оком десна рука је доминантна у око 57% случајева, а лева у 35% случајева. Ипак, ова веза није толико јака да би могла да се генерализује (Porac & Cogen, 1975). Проблем одређивања доминантне руке се усложњава због тога што постоје људи који пишу и бацају предмете истом руком, али и они који за писање користе једну руку, а за бацање предмета другу руку. У испитивању узорка од 10.635 испитаника 28.8% леворуких и 1.6% десноруких нису користили исту руку за писање и бацање предмета.

У погледу повезаности доминантне руке и доминантног ока, ова је веза нешто јача између доминантне руке за бацање предмета и доминантног ока. Ове разлике, када је у питању разлика у функционалној повезаности доминантне руке и доминантног ока, објашњава се потребом за бољом координацијом покрета шака и покрета ока код бацања, док код хватања у већој мери долазе до изражаја перцептивне способности централног нервног система (Goodale, Pelisson, & Prablanc, 1986). Пружени су докази да када дешњак симултано помера око и шаку према неком објекту, време кашњења ока у покрету је веће код покрета левом руком у односу на покрет десном руком, што указује на претежну локацију центара за контролу покрета очију у контралатералној хемисфери.

Стони тенис спада у спортове које карактерише изразито брза, неочекивана и непредвидљива видеомоторна интеракција. Сложеност проблема се огледа у чињеници да код људи који имају различито доминантно око и руку, у погледу латералности, доминантно око ипсилатерално комуницира са можданом хемисфером, а да моторички одговор долази из контралатералне хемисфере са циљем извођења ефикасне моторне реакције на ситуацију у спортској активности. Комуникација између хемисфера зна да буде временски захтевна, што утиче значајно на ефикасност извођења ове врсте покрета (Azémar, Stein, & Ripoll, 2008).

Избор доминантне стране код спортиста се разликује тако да имамо спортисте са доминантном десном руком и левом ногом, али и спортисте који имају леву доминантну руку и десно доминантно око, што битно утиче на просторну оријентацију неопходну за такмичарску ефикасност у појединим спортовима. Због тога су спортисти који имају различито доминантно око и доминантну руку у погледу латералности, у предности у односу на остале спортисте. Предност коју имају леворуки спортисти са десним доминантним оком се може објаснити специјализацијом десне мождане хемисфере за просторну пажњу, јер леворуки спортисти са десним доминантним оком имају ипсилатералну локацију контрола доминантне руке и процесирања визуелно спацијалне пажње (Petit et al., 2015). О латералној специјализацији функција мождане коре говори и податак да свега 4% дешњака користи десну ногу за шутеве у фудбалу, али и да 33% леворуких анализираних фудбалера користи леву ногу као доминантну када је шут у питању (Martin & Machado, 2005).

Вежбање и на тај начин стечено искуство представља основне стимулусе за моторно учење, које условљава и унапређује способности вежбача процесима перцепције одлучивања и акције (Damanrak, Mokhtari, & Mousavi, 2014). Успешност и ефикасност спортске технике у индивидуалним интерактивним спортским гранама и дисциплинама у највећој мери зависи о перцептивним и антиципативним способностима и вештинама (Hagemann, 2009), које се огледају у идентификацији тока акције противника на основу почетних положаја и припремних радњи. Кључ за правовремену реакцију на противникову техничко-тактичку активност се налази у брзом и тачном тумачењу противникове постуралне оријентације и антиципације противникових намера, што је иначе склоп способности које су израженије код искусних спортиста са релативно дугим спортским стажом у односу на почетнике, што говори у прилог тврдњи да се ради о наученим вештинама (Hagemann, Strauss, & Cañal-Bruland, 2006; Rowe & McKenna, 2001).

Испитивање спацијалне компоненте проприоцептивне способности код стонотенисера и мачеваоца је указало на предности ових спортиста у односу на контролну групу, коју су чинили вршњаци који не партиципирају у такмичарском спорту (Bańkosz & Szumielewicz, 2014). Ове предности су биле значајне, али само код испитивања доминантне руке, што указује на деловање тренажног фактора, па се препоручује коришћење примењене методологије у праћењу тренажних ефеката у овим спортовима. Сама методологија је приказала и потребан ниво осетљивости, јер је успевала да диференцира високо трениране од средње тренираних стонотенисера (Bańkosz, 2012)

Показано је да што се неки кретни образац чешће сусреће да се он брже и тачније идентификује (Jacobs, Pinto, & Shiffrar, 2004). Компјутерском томографијом је идентификован и део великог мозга, који је задужен за идентификацију визуелно перцепираног људског покрета, што је потврђено и електрофизиолошким анализама (Grossman et al., 2000; Oram & Perrett, 1996). Код леворуких мачеваца је примећена предност у погледу концентрације пажње, што је објашњено ипсилатералном локацијом центара у можданим хемисферама који су одговорни, како за концентрацију пажње, тако и за контролу моторике леве руке (Bisiacchi, Ripoll, Steinj, Simonet, & Azemar, 1985). Овоме у прилог говоре и налази да су у највећој предности спортисти који имају различите доминантне руке, ноге и очи (Way, 1958).

Укратко, многобројни су подаци који указују на значај избора доминантне руке, али и функционалних веза са локацијом доминантног ока, на ефикасност структурирања, извођења и контроле покрета у спорту и то нарочито у спортовима у којима се двоје такмичара налазе у директном дуелу. Због тога је за предмет овог истраживања изабрана функционална веза избора доминантне руке на техничко-тактичку активност и ефикасност врхунских играча стоног тениса у свету.

## 2. Метод

За потребе истраживања је анализиран наступ 77 играча на завршном олимпијском турниру на којем је одиграно 77 мечева, са укупно 423 одиграна сета. Сваки сет је анализиран два пута, једном за победника у мечу и једном за противника који је изгубио. На тај начин основни узорак истраживања је износио 846 анализираних сетова.

Анализирани сетови су били описани преко скупа од 28 варијабли:

*Табела 1. Варијабле истраживања*

ВАРИЈАБЛА	СКРАЋЕНИЦА
1. Трајање сета	GTIME
2. Исход сета	GRESULT
3. Освојено поена у сету	GPTS
4. Укупно освојено поена сервисом у сету	GSERVICE
5. Укупно освојено поена трећом лоптом у сету	G3BALL
6. Укупно освојено поена нападом у сету	GATTACKING
7. Укупно освојено поена одбраном у сету	GDEFENDING
8. Укупно освојено поена противнападом у сету	GCTRATTACKING
9. Укупно освојено поена на остали начин у сету	GOTHER
10. Највеће вођство у сету	GLEAD
11. Исход меча	MRESULT
12. Коло такмичења	MROUND
13. Број сетова у мечу	MNOGAMES
14. Трајање меча	MTIME
15. Освојено поена у мечу	MPTS
16. Укупно освојено поена сервисом у мечу	MSERVICE
17. Укупно освојено поена трећом лоптом у мечу	M3BALL
18. Укупно освојено поена нападом у мечу	MATTACKING
19. Укупно освојено поена одбраном у мечу	MDEFENDING
20. Укупно освојено поена противнападом у мечу	MCTRATTACKING
21. Укупно освојено поена на остали начин у мечу	MOTHER
22. Старост играча	PAGE
23. Телесна маса играча	PBM
24. Телесна висина играча	PBH
25. Број одиграних мечева играча	PNOMATCHS
26. Број одиграних сетова играча	PNOGAMES
27. Коначан пласман играча - ранг	PPLACER
28. Категорија играча	PCAT

Прикупљени подаци су подвргнути статистичкој анализи, у којој су одређене мере централне тенденције и дисипације за варијабле у којима су се резултати исказивали на сразмерним скалама и скалама ранга.

Формирањем субузорака истраживања под критеријумом доминантне руке, испитане су значајности манифестованих разлика у праћеним варијаблама Ман-Витнијевим У-тестом.

У испитивању мултиваријатне функционалне везе избора доминантне руке са варијаблама истраживања, спроведене су бинарне логистичке регресионе анализе, са циљем добијања предиктивног модела, чија је снага одређена Хосмер-Лемешовљевим тестом.

Метријске карактеристике добијеног предиктивног модела су испитане утврђивањем дискриминационе валидности процењене преко ROC (Receiver Operating Characteristic) криве, као и одређивањем показатеља сензитивности, специфичности, позитивне и негативне предиктивне вредности.

У циљу формирања мултиваријантног модела који максимизира удаљености између група десноруких и леворуких играча, спроведена је и дискриминациона анализа у својој forward stepwise варијанти.

За статистичку обраду користили су се одговарајући програмски пакети SPSS 17.0, Stata/MP 13 и Statistica 12 (IBM\_Analytics, 2014; StataCorp, 2013; StatSoft\_Inc, 2014).

### 3. Резултати

У основном узорку истраживања од 77 играча, чији су мечеви анализирани, 22 играча су имала леву руку као доминантну, што је износило 28.57% узорка. Већ овај податак говори да је учесталост леворуких играча у скупини најбољих играча стоног тениса у свету, више него двоструко већа од заступљености у општој популацији (Fisk & Goodale, 1985; Raymond et al., 1996).

*Табела 2. Дескриптивни статистички показатељи и резултати Mann-Whitney-евог У-теста*

ВАРИЈАБЛА	Р	Л	M-W п
	Сред+/-СтдДев	Сред+/-СтдДев	
GTIME	4.772+/-1.538	4.542+/-1.455	0.085
GRESULT	0.513+/-0.500	0.463+/-0.500	0.273
GPTS	9.345+/-2.706	8.991+/-2.904	0.152
GSERVICE	0.964+/-1.018	1.014+/-1.041	0.589
G3BALL	1.180+/-1.208	1.294+/-1.304	0.408
GATTACKING	4.071+/-2.290	4.028+/-2.348	0.800
GDEFENDING	2.351+/-1.771	1.869+/-1.438	0.002
GCTRATTACKING	0.623+/-0.919	0.589+/-0.954	0.393
GOTHER	0.155+/-0.408	0.196+/-0.483	0.606
GLEAD	3.013+/-2.353	2.808+/-2.396	0.179
MRESULT	0.525+/-0.500	0.425+/-0.496	0.029
MROUND	6.347+/-1.472	6.622+/-1.012	0.180
MNOGAMES	5.639+/-1.016	5.785+/-0.904	0.071
MTIME	27.103+/-8.140	26.322+/-7.502	0.194
MPTS	52.934+/-12.844	52.238+/-11.705	0.607
MSERVICE	5.449+/-3.113	5.921+/-3.069	0.009
M3BALL	6.609+/-3.991	7.304+/-4.416	0.112
MATTACKING	23.158+/-10.013	23.528+/-10.017	0.816
MDEFENDING	13.334+/-6.934	10.846+/-5.120	0.000
MCTRATTACKING	3.478+/-3.428	3.547+/-4.066	0.093
MOTHER	0.905+/-1.264	1.093+/-1.684	0.590
PAGE	29.784+/-6.289	27.917+/-5.887	0.001
PBM	72.709+/-7.094	70.463+/-9.908	0.001
PBH	1.782+/-0.064	1.751+/-0.074	0.000
PNOMATCHS	2.718+/-1.425	2.234+/-1.101	0.000
PNOGAMES	14.968+/-7.515	12.607+/-5.921	0.001
PPLACER	30.684+/-20.971	33.857+/-21.641	0.039
PCAT	2.666+/-0.667	2.804+/-0.398	0.288

Од 28 варијабли истраживања у 10 варијабли су констатоване статистички различите разлике између „дешњака“ и „левака“ (Табела 2), од чега у 9 варијабли у корист дешњака, док су само у варијабли "Укупно освојено поена сервисом у мечу" (MSERVICE) леваци имали статистички значајно боље резултате.

Имајући у виду природу варијабли у којима су регистроване статистички значајне разлике, а у светлу резултата експлоративних анализа простора техничко-тактичких активности врхунских стонотенисера (Косић, 2009), могуће је констатовати да су се разлике манифестовале првенствено у домену морфолошких димензионалности играча, затим у варијаблама ефикасности играча у нападу и коначно у варијаблама ефикасности у одбрани.

Резултати бинарних логистичких регресионих анализа, у својој униваријатној форми, указују на 11 варијабли које имају статистички значајан допринос избору доминантне руке (Табела 3.), од чега у 10 варијабли у корист дешњака, док су леворуки играчи приказали супериорност само у варијабли "Укупно освојено поена трећом лоптом у мечу" (M3BALL).

**Табела 3.** Резултати униваријатне и мултиваријатне бинарне логистичке регресионе анализе

ВАРИЈАБЛА	Униваријатна анализа		Мултиваријатна анализа	
	Коеф. <sup>2</sup> /+-СтГр <sup>3</sup> (ИП <sup>4</sup> %95%)	п	Коеф./+-СтГр (ИП95%)	п
GTIME	0.103+/-0.054 (-0.003-0.208)	0.056		
GRESULT	0.200+/-0.159 (-0.110-0.511)	0.206		
GPTS	0.046+/-0.028 (-0.010-0.101)	0.105		
GSERVICE	-0.048+/-0.076 (-0.197-0.102)	0.533		
G3BALL	-0.073+/-0.063 (-0.197-0.050)	0.243		
GATTACKING	0.008+/-0.034 (-0.059-0.076)	0.813		
GDEFENDING	0.180+/-0.051 (0.081-0.280)	0.000		
GTRATTACKING	0.041+/-0.087 (-0.129-0.211)	0.637		
GOTHER	-0.212+/-0.175 (-0.555-0.131)	0.226		
GLEAD	0.037+/-0.034 (-0.030-0.104)	0.275		
MRESULT	0.403+/-0.160 (0.090-0.715)	0.012		
MROUND	-0.160+/-0.064 (-0.284--0.035)	0.012		
MNOGAMES	-0.150+/-0.081 (-0.308-0.008)	0.063	-0.696+/-0.167 (-1.023--0.369)	0.000
MTIME	0.012+/-0.010 (-0.007-0.032)	0.217	0.046+/-0.019 (0.008-0.085)	0.017
MPTS	0.004+/-0.006 (-0.008-0.017)	0.484		
MSERVICE	-0.048+/-0.025 (-0.097-0.001)	0.056		
M3BALL	-0.040+/-0.019 (-0.077--0.003)	0.033	-0.051+/-0.022 (-0.095--0.008)	0.020
MATTACKING	-0.004+/-0.008 (-0.019-0.012)	0.640		
MDEFENDING	0.065+/-0.014 (0.038-0.093)	0.000	0.104+/-0.017 (0.070-0.138)	0.000
MCTRATTACKING	-0.005+/-0.022 (-0.048-0.038)	0.809		
MOTHER	-0.093+/-0.054 (-0.199-0.013)	0.087		
PAGE	0.051+/-0.014 (0.024-0.078)	0.000	0.061+/-0.016 (0.030-0.091)	0.000
PBM	0.035+/-0.010 (0.016-0.055)	0.000	-0.046+/-0.017 (-0.080--0.012)	0.007
PBH	6.740+/-1.185 (4.417-9.062)	0.000	11.082+/-2.102 (6.963-15.201)	0.000
PNOMATCHS	0.289+/-0.065 (0.161-0.417)	0.000	0.501+/-0.103 (0.299-0.702)	0.000
PNOGAMES	0.049+/-0.012 (0.026-0.073)	0.000		
PPLACER	-0.007+/-0.004 (-0.014-0.000)	0.058	0.020+/-0.006 (0.008-0.032)	0.001
PCAT	-0.422+/-0.151 (-0.717--0.126)	0.005		

за леворуке играче, сагласно добијеном регресионом моделу, повезана је вероватноћа да имају већи број одиграних сетова током турнира од „дешњака“, али им мечеви краће трају, што је повезано и са коначним пласманом, који је генерално код „левака“ бољи од пласмана „дешњака“. Дакле, ради се о квалитетнијим играчима, који због чињенице да имају већи број одиграних мечева и сетова, чешће играју против себи инфериорних играча, па им је просечно време трајања меча краће у односу на играче нижег квалитета. Наиме, играчи нижег квалитета раније испадају у турниру, имају мањи број мечева, али зато одигране мечеве играју са себи равноправнијим противницима, те им у просеку мечеви трају дуже.

<sup>2</sup> Бета коефицијент

<sup>3</sup> Стандардна грешка

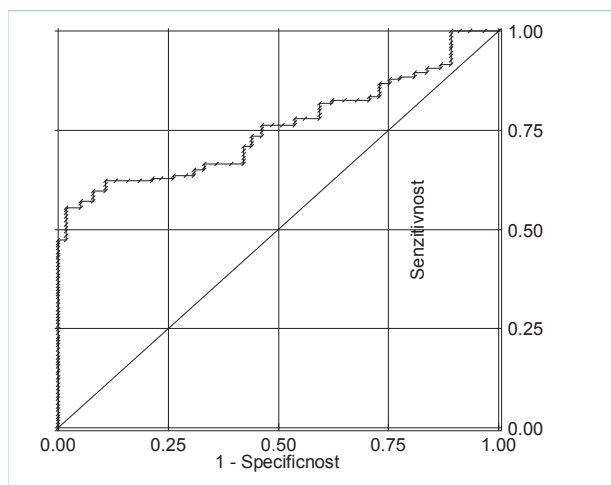
<sup>4</sup> Интервал поузданости

С обзиром да су у ранијим истраживањима (Kocić, 2009), праћени показатељи техничко тактичке активности врхунских играча стоног тениса у свету, приказивали високе мултиваријатне функционалне везе, спроведена је и мултиваријатна бинарна логистичка регресиона анализа у својој *forward stepwise* варијанти.

Добијени резултати (Табела 3.) указују на статистички значајан допринос 9 варијабли функционалној вези са избором доминантне руке. Уклањањем међусобних функционалних повезаности између варијабли и екстракцијом чистог доприноса сваке од анализираних варијабли на избор доминантне руке, дошло се до другачије слике о техничко-тактичкој активности врхунских стонотенисера.

У 5 варијабли су „дешњаци“ били у предности, док је у 4 варијабле субузорок леворуких играча имао предност. Леворуки играчи су приказали повезаност леве доминантне руке са варијаблама "Број сетова у мечу" (MNOGAMES), "Коначан пласман играча - ранг" (PPLACER), "Телесна маса играча" (PBM) и "Укупно освојено поена трећом лоптом у мечу" (M3BALL).

Овај регресиони модел је добро предвиђао избор доминантне руке на основу података из скупа предиктора, о чему говори резултат Хосмер-Лемешовљевог теста прилагођености регресионог модела, који је продуковао  $\chi^2$  вредност од 15.245, што је било статистички високо значајна вредност ( $P= .8451$ ).



Слика 1. ROC крива

Дискриминациона валидност регресионог модела је тестирана одређивањем површине испод ROC криве (Слика 1.). Површина је износила  $0.7562 \pm 0.0160$  (И.П.95% 0.72475-0.78762), што је било статистички високо значајно ( $p < 0.0001$ ).

За избор оптималне вредности вероватноће предиктивног модела за класификацију опсервација истраживања (Youden, 1950), коришћен је метод којег је предложио Лиу (Liu, 2012), чијом применом је коректно класификовано 69.03% стонотенисера у основном узорку истраживања.

Сензитивност модела је износила 62.18%, специфичност 89.25%, позитивна предиктивна вредност 94.47%, док је негативна предиктивна вредност износила 44.42% за предвиђање доминантне руке.

Могуће је закључити да су леворуки играчи млађи, нижег раста, али са релативно већом телесном масом. Ово указује на вероватно повољније услове за испољавање високог степена агилности, чему доприноси нижи раст и релативно већа мишићна маса. Поред тога, за очекивати је да млађи играчи поседују виши ниво базичних моторичких својстава, који са годинама уступа место играчком искуству, што омогућава старијим стонотенисерима да још увек генерално буду такмичарски успешни. Интересантна је и функционална веза морфолошких димензионалности са ефикасношћу игре у одбрани, која говори у прилог тврдњи да млађи, нижи, али зато тежи играчи имају већу вероватноћу освајања поена коришћењем елемената одбране.

Дискриминациона анализа варијабли истраживања је имала за циљ идентификацију димензија хиперравни у којој се пројектоване карактеристике играча са доминантном десном, односно левом руком, групишу и у којој се удаљеност центроида посматраних субузорака максимизирају.

*Табела 4. Допринос варијабли дискриминационом моделу*

ВАРИЈАБЛА	WILKS-OBO ЛАМБДА	п
PBH	0.872935	0.000001
PNOMATCHS	0.856087	0.007180
MDEFENDING	0.885465	0.000000
MNOGAMES	0.864873	0.000074
PAGE	0.862065	0.000312
MATTACKING	0.852843	0.043432
PPLACER	0.860017	0.000898
PBM	0.855786	0.008451
MTIME	0.851102	0.122651
MSTRATTACKING	0.852587	0.050375
MOTHER	0.852426	0.055336
MЗBALL	0.849814	0.288372
PNOGAMES	0.850449	0.186351
PCAT	0.851122	0.121136
MROUND	0.849687	0.316665

Резултати дискриминационе анализе указују на егзистенцију једног каноничког корена на којем се удаљености анализираних субузорака међусобно налазе на максималној удаљености (Табела 4.). Овај корен се дефинише значајним пројекцијама 8 варијабли ( $p < 0.05$ ), од којих четири припадају варијаблима које сатурира латентна димензија ефикасности игре у нападу, три одговарају деловању латентне димензије морфолошких димензионалности и једна варијабла која дефинише латентну димензију ефикасности игре у одбрани.

Mahalanobisova удаљеност између центроида субузорака је износила 0.941457, што је било статистички високо значајно ( $p < 0.00001$ ). Екстраховани корен дискриминационе функције је такође био статистички високо значајан ( $p < 0.00001$ ).

*Табела 5. Структура корена дискриминационе функције*

ВАРИЈАБЛА	КОЕФИЦИЈЕНТ КАНОНИЧКЕ ВАРИЈАБЛЕ	СТАНД.КОЕФ. КАНОНИЧКЕ ВАРИЈАБЛЕ	МАТРИЦА СТРУКТУРЕ
PBH	-10.8734	-0.72792	-0.480757
PNOMATCHS	-0.8637	-1.16670	-0.369799
MDEFENDING	-0.1271	-0.82916	-0.393074
MNOGAMES	0.8667	0.85733	0.151913
PAGE	-0.0567	-0.35114	-0.310889
MATTACKING	-0.0361	-0.36166	0.038061
PPLACER	-0.0266	-0.56336	0.154721
PBM	0.0523	0.41328	-0.293071
MTIME	-0.0336	-0.26799	-0.100742
MSTRATTACKING	-0.0679	-0.24449	0.019723
MOTHER	0.1398	0.19317	0.140475
MЗBALL	0.0273	0.11207	0.174506
PNOGAMES	0.0684	0.48874	-0.340466
PCAT	-0.4506	-0.27500	0.232384
MROUND	0.1297	0.17779	0.206771
КОНСТАНТА	18.0174	0.17833	
ЛИГЕН	0.1783	1.00000	
КУМЗЛ.ПРОП.	1.0000	-0.72792	



На једном полу екстраховане димензије су се налазиле варијабле сатуриране латентном димензијом морфолошких димензионалности, затим варијабла која описује ефикасност игре у одбрани и једна варијабла која емитује посредне информације о ефикасности игре у нападу (Табела 5.).

На супротном полу су се налазиле, са релативно ниским пројекцијама, три варијабле сатуриране латентном димензијом ефикасности игре у нападу.

**Табела 6.** *Класификационе функције дискриминационог модела*

ВАРИЈАБЛА	Л	Р
PВH	867.242	877.792
PNOMATCHS	75.512	76.350
MDEFENDING	-1.352	-1.229
MNOGAMES	29.905	29.064
PAGE	0.950	1.005
MATTACKING	-1.874	-1.839
PPLACER	-0.035	-0.009
PВM	-4.452	-4.503
MТIME	-0.425	-0.393
MCTRATTACKING	-2.377	-2.311
MOTHER	-2.777	-2.913
MЗBALL	-1.508	-1.535
PNOGAMES	-11.145	-11.212
PCAT	26.419	26.856
MROUND	11.688	11.562
КОНСТАНТА	-746.377	-762.544

Применом добијених дискриминационих функција (Табела 6), извршено је разврставање анализираних сетова и добијена је следећа класификациона матрица:

**Табела 7.** *Класификациона матрица дискриминационог модела*

СУБУЗОРАК	КОРЕКТНО (%)	Л <sup>5</sup>	Р	УКУПНО
Л <sup>6</sup>	23.83178	51	163	214
Р	94.46203	35	597	632
УКУПНО	76.59574	86	760	846

Укупно је коректно разврстано 76.60% свих анализираних сетова, што говори у прилог квалитета дискриминационог модела (Табела 7).

Добијени резултати истраживања указују на значајну функционалну везу између избора доминантне руке и техничко тактичке активности и ефикасности врхунских играча стоног тениса у свету. Ова веза се испољава на неколико планова, од чега најзначајније са варијаблима које дефинишу ефикасност играча у нападу, затим у домену морфолошких димензионалности и у само једној од варијабли које дефинишу ефикасност игре у одбрани.

Ови налази су у великој мери конзистентни са резултатима већег броја досадашњих истраживања, који су упућивали на предности коришћења леве руке у спортовима у којима се такмичари налазе у директном дуелу. Ако се има у виду и чињеница, потврђена у досадашњим истраживањима, да учење, што систематски тренажни процес по својој природи јесте, битно утиче на ефикасност структурирања, реализације и контроле покрета у спорту, онда се у резултатима овог истраживања у пуној мери може сагледати значај доминантне руке за такмичарску ефикасност.

Наиме, врхунски такмичари у стоним тенису, који су чинили основни узорак истраживања, су спортисти који се налазе на врхунцима својих каријера, што значи да су процесима учења практично исцрпљили адаптационе и трансформационе потенцијале у овом пољу. Дакле, није могуће тврдити да стонотенисери којима је лева рука доминантна, своју супериорност дугују фактору тренираности и степена овладавања техником извођења елемената, јер је и код „левака“ и код „дешњака“ на овом

<sup>5</sup> Предвиђање

<sup>6</sup> Посматрано

нивоу спортског мајсторства спортска техника већ одавно аутоматизована и доведена до нивоа динамичких стереотипа. Познато је да формирано динамички стереотипи представљају изразито стабилне форме које се опирају било каквим утицајима и нису подложни променама.

Већ сама чињеница да је у испитиваном узорку било заступљено значајно више играча са доминантном левом руком у односу на заступљеност леворуких у општој популацији, говори о несумњивом значају фактора доминантне леве руке. Анализирани игре представљају тамичарске наступе најбољих стонотенисера света, што значи да се ради о спортистима који су у свом спортском развоју небројено пута имали прилику да играју против такмичара са левом доминантном руком, што практично искључује тактичке предности леворуких играча и упућује на инстинзивне механизме који овим спортистима омогућавају евидентне предности.

Од интринзивних механизма који би могли да се идентификују као фактори од значаја за овакве налазе, првенствено би требало обратити пажњу на чињеницу да се у већем броју случајева контрола моторике леве руке налази претежно у десној можданој хемисфери, која је истовремено и најчешће задужена и за просторну пажњу. Ипсилатерална контрола покрета леве руке и центара задужених за просторну пажњу омогућава бржу комуникацију ових центара и тиме бржи и квалитетнији одговор на ситуацију у којој се током игре спортиста налази. У противном, комуникација се обавља преко комисиуралних веза леве и десне мождане хемисфере, што битно утиче на координацију и време преноса информација.

Раније описана веза између локације доминантног ока и доминантне руке, додатно даје разлога да се прихвати сугестија о супериорности леворуких играча, јер је у популацији анализираних стонотенисера сасвим сигурно било играча којима је поред леве доминантне руке и лево око било доминантно, што представља хендикеп у погледу локације можданих центара релевантних за ефикасну стонотениску игру. Пошто нису биле доступне информације о доминантном оку посматраних играча, у анализираном узорку није било могуће искључити оне леворуке играче који имају и лево око доминантно, што би уочене разлике учинило још значајнијим.

#### 4. Закључак

У закључку је могуће констатовати да је у такмичарској активности врхунских стонотенисера света значајан утицај доминантне руке на извођење техничко тактичких-елемената. Играчи са левом доминантном руком приказују ефикаснију игру, чији профил је препознатљив, што може да се искористи за формирање квалитетнијих модела иницијалне и етапне селекције и усмеравања младих спортских талената, али и за праћење ефикасности тренажног процеса.

#### 5. Литература

- Aswathappa, J., Kutty, K., & Annamalai, N. (2011). Relationship between handedness and ocular dominance in healthy young adults – A study. *International Journal of Pharmaceutical and Biomedical Research*, 2(3), 76-78.
- Azémар, G., Stein, J. F., & Ripoll, H. (2008). Effects of ocular dominance on eye-hand coordination in sporting duels. *Science and Sports*, 23(6), 263-277.
- Bache, M. A. B., & Orellana, J. N. (2014). Laterality and sports performance. *Archivos de Medicina del Deporte*, 31(161), 200-204.
- Bańkosz, Z. (2012). The kinesthetic differentiation ability of table tennis players. *Human Movement*, 13(1), 16-21.
- Bańkosz, Z., & Szumielewicz, P. (2014). Proprioceptive ability of fencing and table tennis practioners. *Human Movement*, 15(3), 128-133.
- Bisiacchi, P. S., Ripoll, H., Steinj, J. F., Simonet, P., & Azemar, G. (1985). Left-handedness in fencers: an attentional advantage. *Perceptual and Motor Skills*, 61, 507-513.
- Damanpak, S., Mokhtari, P., & Mousavi, S. M. V. (2014). Relationship between arousal and Choice Reaction Time. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 11(2), 803-806.
- Faurie, C., & Raymond, M. (2004). Handedness frequency over more than ten thousand years. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(SUPPL. 3), S43-S45. d

- Faurie, C., & Raymond, M. (2005). Handedness, homicide and negative frequency-dependent selection. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1558), 25-28.
- Fisk, J. D., & Goodale, M. A. (1985). The organization of eye and limb movements during unrestricted reaching to targets in contralateral and ipsilateral visual space. *Experimental Brain Research*, 60(1), 159-178.
- Goodale, M. A., Pelisson, D., & Prablanc, C. (1986). Large adjustments in visually guided reaching do not depend on vision of the hand or perception of target displacement. *Nature*, 320(6064), 748-750.
- Grossman, E., Donnelly, M., Price, R., Pickens, D., Morgan, V., Neighbor, G., & Blake, R. (2000). Brain areas involved in perception of biological motion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(5), 711-720.
- Grouios, G. (2004). Motoric dominance and sporting excellence: Training versus heredity. *Perceptual and Motor Skills*, 98(1), 53-66.
- Grouios, G., Tsobatzoudis, H., Alexandris, K., & Barkoukis, V. (2000). Do left-handed competitors have an innate superiority in sports? *Perceptual and Motor Skills*, 90(4), 1273-1282.
- Hagemann, N. (2009). The advantage of being left-handed in interactive sports. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 71(7), 1641-1648.
- Hagemann, N., Strauss, B., & Cañal-Bruland, R. (2006). Training perceptual skill by orienting visual attention. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 28(2), 143-158.
- Hampson, E., & Kimura, D. (1984). Hand movement asymmetries during verbal and nonverbal tasks. *Canadian journal of psychology*, 38(1), 102-125.
- Hardyck, C., & Petrinovich, L. F. (1977). Left-handedness. *Psychological Bulletin*, 84(3), 385-404.
- Hughes, C. M. L., Reißig, P., & Seegelke, C. (2011). Motor planning and execution in left- and right-handed individuals during a bimanual grasping and placing task. *Acta Psychologica*, 138(1), 111-118.
- IBM\_Analytics. (2014). SPSS Statistics (Version 23.0).
- Jacobs, A., Pinto, J., & Shiffrar, M. (2004). Experience, context, and the visual perception of human movement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30(5), 822-835.
- Kimura, D. (1973a). Manual activity during speaking- I. Right-handers. *Neuropsychologia*, 11(1), 45-50.
- Kimura, D. (1973b). Manual activity during speaking- II. Left-handers. *Neuropsychologia*, 11(1), 51-55.
- Kimura, D. (1977). Acquisition of a motor skill after left hemisphere damage. *Brain*, 100(3), 527-542.
- Kocic, G. (2009). *Tehničko-taktičke karakteristike vrhunskih igrača stonog tenisa u svetu.* (Magistarska teza), Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Liu, X. (2012). Classification accuracy and cut point selection. *Statistics in Medicine*(31), 2676–2686.
- Martin, W. L. B., & Machado, A. H. (2005). Deriving estimates of contralateral footedness from prevalence rates in samples of Brazilian and non-Brazilian right- and left-handers. *Laterality*, 10(4), 353-368.
- McManus, I. C., Porac, C., Bryden, M. P., & Boucher, R. (1999). Eye-dominance, Writing Hand, and Throwing Hand. *Laterality*, 4(2), 173-192.
- Milenković, S., Belojević, G., & Kocijančić, R. (2010). Social aspects of left-handedness. *Srpski Arhiv za Celokupno Lekarstvo*, 138(9-10), 664-667.
- Oram, M. W., & Perrett, D. I. (1996). Integration of form and motion in the anterior superior temporal polysensory area (STPa) of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 76(1), 109-129.

- Petit, L., Zago, L., Mellet, E., Jobard, G., Crivello, F., Joliot, M., . . . Tzourio-Mazoyer, N. (2015). Strong rightward lateralization of the dorsal attentional network in left-handers with right sighting-eye: An evolutionary advantage. *Human Brain Mapping, 36*(3), 1151-1164.
- Porac, C., & Coren, S. (1975). Is eye dominance a part of generalized laterality? *Perceptual and Motor Skills, 40*(3), 763-769.
- Raymond, M., Pontier, D., Dufour, A. B., & Moller, A. P. (1996). Frequency-dependent maintenance of left handedness in humans. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 263*(1377), 1627-1633.
- Ross, E. D. (1984). Right hemisphere's role in language, affective behavior and emotion. *Trends in Neurosciences, 7*(9), 342-346.
- Rowe, R. M., & McKenna, F. P. (2001). Skilled anticipation in real-world tasks: Measurement of attentional demands in the domain of tennis. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 7*(1), 60-67.
- StataCorp. (2013). STATA Statistics/Data Analysis (Version 13.0).
- StatSoft\_Inc. (2014). STATISTICA-data analysis software system (Version 12).
- Todor, J. I., & Doane, T. (1978). Handedness and hemispheric asymmetry in the control of movements. *Journal of Motor Behavior, 10*(4), 295-300.
- Way, E. E. (1958). Relationships of lateral dominance to scores of motor ability and selected skill tests. *Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education and Recreation, 29*(3), 360-369.
- Wood, C. J., & Aggleton, J. P. (1989). Handedness in 'fast ball' sports: do left-handers have an innate advantage? *The British journal of psychology, 80*, Pt 2/.
- Youden, W. J. (1950). Index for rating diagnostic tests. *Cancer, 3*(1), 32-35.