

**Мр. Саша Костић**  
**Др Душко Илић**  
**Мр. Владимир Мрдаковић**

УДК 796.332.012.1:612.766(043.3)

## **ИНВАРИЈАНТНОСТ МОТОРНИХ ОБРАЗАЦА ПРИ БОЧНОМ ВОЛЕЈ УДАРЦУ У ФУДБАЛУ**

**(извод из докторске дисертације)**

### **Резиме**

Предмет ове студије је степен успешности извођења бочног волеј ударца у фудбалу у односу на кинематику лопте и механичке услове извођења покрета. Студија је израђена са циљем да се код врхунских фудбалера одреди, из аспекта размене брзине и прецизности, шема оптимизовања кретања по критеријуму ефикасности и економичности бочног волеј ударца. Истраживање је спроведено на узорку од 30 испитаника – професионалних фудбалера који су чланови националне селекције Србије, и који наступају у иностраним клубовима (FC Chelsea, FC Benfica, FC Genk, FC München 1860, FC Leiria, FC Košice, FC Luch – Energia, FC London City) и Супер лиге Србије (ФК Црвена звезда, ФК Партизан, ФК ОФК Београд). Испитаници су имали задатак да изведу бочни волеј ударац гађајући гол лоптом која им је долазила у три висине и три брзине. Узорак варијабли се састојао из две критеријумске (брзина и висина лопте) и 25 предикторских варијабли. Мерење кинематских варијабли је извршено у хали Факултета спорта и физичког васпитања помоћу 3Д инфра-црвеног система QUALISYS. Добијени подаци су обрађени дескриптивном и компаративном статистиком.

Утврђена су два начина извођења бочног волеј ударца у односу на брзину и висину лопте. За високе и брзе лопте покрет се изводи „замрзнутом“ позицијом сегмената кинетичког ланца, тј. користи се релативно симултана кинематичка шема. За ниске и споре лопте користи се отворена кинематичка шема („бич“). Утврђено је постојање промена у кинематичкој адаптацији локомоторног апарата на различите механичке услове извођења покрета бочног волеј ударца. Повећањем брзине долазеће лопте повећава се брзина реализације покрета и скраћује егзекутивна фаза по трајању. Добијени резултати указују да се по принципу Бернштајнових синергија слагање брзина појединачних сегмената одвија на различит начин у односу на задату брзину лопте. Потврђена је генерална теорија управљања брзим покретима у делу који указује да се фудбалер из аспекта визуелне перцепције најмање адаптира на пребрзе и преспоре лопте. Постоји директан утицај брзине и висине лопте на одржање динамичке стабилности система. Постоји сличан начин управљања покретом за ниске и средње лопте када је у питању контрола трајања. Пронађено је постојање квалитативно различитих

програма за убрзавање натколенице у зглобу кука за споре, умерене и брзе лопте. Суседни делови тела утичу на равнотежу и стабилност и морају бити у односу на брзину прецизно позиционирани. Постоји утицај брзине лопте на успорења система у угаоној брзини између оса раме – кук и кук – пета. Повећањем брзине лопте повећава се максимално убрзање стопала, тј. фудбалер мора да повећа максимално остварено убрзање зарад стабилности система у непосредном контакту са лоптом. Закључено је да је потребно праћење кинематичких и других параметара за успешно учење, усавршавање и контролу извођења технике бочног волеј ударца. На тај начин, уз примену у свакодневној фудбалској пракси најпрецизније се уочавају и исправљају грешке у техници извођења бочног волеј ударца, и тиме се директно врши утицај на брзину реализовања фудбалске игре.

**Кључне речи:** БОЧНИ ВОЛЕЈ, ФУДБАЛЕР, КИНЕМАТИЧКА ШЕМА, БИОМЕХАНИЧКЕ ВАРИЈАБЛЕ

## INVARIANCE OF MOTOR PATTERNS IN SIDE VOLLEY KICK IN FOOTBALL

### Abstract

The subject of this study is the degree of success of performing a side kick volley in football compared to the kinematics of the ball and the mechanical conditions of the movement performance. The study has been aimed in order to determine (define), from the aspect of the speed exchange rate and accuracy, the pattern of the optimizing the movement on the criterion of the side kick volley efficiency in the professional football players. The research has been conducted on 30 (thirty) subjects – the professional football players who are the members of the Serbian national team and who play in the foreign clubs (FC Chelsea, FC Benfica, FC Genk, FC München 1860, FC Leiria, FC Kosice, FC Luch – Energia, FC London City) and the members of the Serbian Super League ( FC Crvena Zvezda, FC Partizan, FC OFK Beograd). The respondents were asked to perform the side kick volley goal by hitting the ball coming in three (3) heights and three (3) speeds. The sample of the variables consisted of two (2) criteria (the speed and the height of the ball) and 25 predictor variables. The measurement of the kinematic variables has been carried out in the hall of the Faculty of Sport and Physical Education with the 3D infra – red system QUALISYS. The gathered data have been analysed by the descriptive and comparative statistics.

Two ways of performing the side kick volley in terms of the speed and the height of the ball have been given. For the high and fast balls the movement is being performed in the frozen position of the kinetic chain segments, i. e. the relatively simultaneous kinematic scheme is being used. For the low and slow balls the open kinematic scheme (“whip”) is being used. The existence of the changes in kinematic adaptation of the

locomotor system to different mechanic conditions when performing the side volley shot has been identified. With (by) the increase of the coming ball speed, the speed of the realization of the movement is being increased and the lasting of the executive phase is being reduced. The results indicate that, by the principle of Bernstein's synergies, the matching of the speeds of the individual segments has been performed in a way different from the given speed of the ball. The general theory of the fast movement control, in the section indicating that the football player, from the aspect of visual perception adapts the least to the balls coming too fast or too slow, has been confirmed. There is a direct effect of the speed and height of the ball on the maintenance of the dynamic stability of the system. There is a similar way of managing the movement for the low and medium balls considering the control of the lasting period. The existence of the qualitatively different programmes for accelerating the thigh at the hip joint for the slow, moderate and fast balls, has been found. The surrounding parts of the body affect the balance and the stability and they have to be precisely positioned in relation to the speed. There is the effect of the speed of the ball on the speed reduction of the system in the angular velocity between the axis shoulder – hip and hip – heel. With the increasing of the speed of the ball the maximum acceleration of the speed of the foot has been increased, i. e. the football player has to increase the maximum acceleration achieved in order to gain the stability of the system in the direct contact with the ball. It has been concluded that the monitoring of the kinematic and the other parameters for the successful learning, improvement and the control of the side kick volley technique is necessary. Thus, through the application in everyday football practice, the mistakes in the technique of the side kick volley are being the most precisely identified and corrected and thus the influence on the speed of the realization of the football game is being directly carried out.

**Key words:** SIDE VOLLEY, FOOTBALL PLAYERS, KINEMATIC SCHEME, BIOMECHANICAL VARIABLES.

## УВОД

Фудбал је скуп вештина које су интересантне за научна истраживања. У том смислу, техника удараца по лопти је највише истраживана област. У фудбалу се разликују врсте удараца по лопти, везане за брзину лопте пре и после удараца (*Shinkai, H. и сар., 2006*), позицију лопте, природе удараца, намере која се жели тим ударцем постићи, али једна од најмање истраживаних варијанти је бочни волеј ударац.

Користи се као завршни елемент реализације у игри нападача, као и у одбрани приликом избијања лопте, а могућа је његова примена у транзицији приликом преноса лопте. Ударци волеј техником представљају снажну и прецизну врсту удараца, и као такви стварају проблеме противничким играчима (*Brnad, I., 1997*).

Вредност резултата истраживања из области фудбалске технике, тј. волеј ударца по лопти, уочава се у изналажењу најоптималнијих и адекватних методских поступака приликом обуке, тренинга и усавршавања овог елемента фудбалске игре (*Kellis, E., Katis, 2007*). Значај овог истраживања могуће је уочити када се на основу добијених резултата сазна, у којој мери они могу да допринесу теорији и пракси фудбала. Такође, ово истраживање је урађено с циљем употпуњавања радова и података о управљању и контроли покрета бочног волеј ударца.

Ако се уочи да у данашњим условима фудбалске игре, варијабле простор-време (*McCrudden M., Reilly, T., 1993*), представљају огромну предност, онда је могуће да се извођење покрета у ваздуху (какав је бочни волеј ударац) третира као предност. Такође, услед веома кратког времена за извођење, (0,1с) бочни волеј ударци у систематизацији фудбалске технике, тј. ударцима по лопти, треба да заузимају значајно место, чиме је њихов опстанак обезбеђен. За висок ниво техничког извођења бочног волеј ударца потребно је да се идентификују елементи програма (*Ilić, B.D. u cap., 1992*) који доприносе успешном извођењу овог ударца. Бочни волеј ударац, углавном се не изводи у истим условима. Из тих разлога потребно је открити шеме покрета (*Schmidt, R.A., 1990*) и начин на који фудбалер контролише овај покрет, када се почетни механички и тиме перцепцијски услови мењају.

Да би се добио адекватан одговор о суштини овог значајног техничког елемента, неопходно је стећи увид у саму структуру овог фудбалског елемента. Најбољи увид у структуру бочног волеја може пружити биомеханичка и кинематичка анализа извођења овог покрета. Овим анализама могуће је обухватити цео покрет, и тако прикупити цео низ одговарајућих варијабли од којих зависи ефикасна реализација бочног волеја. Те варијабле се односе на трајање реализације, на повезаност између стајне и замајне ноге односе стајне и замајне ноге, понашање горњег дела тела у тренутку контразамаха и замаха, висину и брзину стопала замајне ноге и лопте у моменту пре и после ударца. Такође, слагањем трансаторних и ротационих кретања појединих сегмената тела (или целог локомоторног апарата) приликом извођења ударца (*Naito, K., u cap., 2010*), и репродуковњем прецизних вредности брзина кретања зглобова, угловних брзина сегмената, могуће је схватити узрочно-последичне везе самог покрета.

Најтачнији одговор на питање како играч управља покретом бочног волеј ударца, може се добити уз помоћ моторне контроле као надградње биомеханике хумане локомоције. Ова нова научна дисциплина проблеме локомоције проширује са локомоторног апарата на нервни систем (ЦНС), и њиховим међусобним деловањем пружа адекватне одговоре (*Ilić, B.D., 1999*). Из аспекта моторне контроле, бочни волеј (који се изводи великом брзином) може се сврстати у контролу брзих терминалних покрета, тј. као покрет изведен великом брзином у задати положај (*Ilić, B.D., 1999*). Овакви покрети (где је задат и почетни и крајњи положај покрета) спадају у најчешће моторне задатке у фудбалу.

Реални услови фудбалске игре захтевају ударце у различитим висинама и брзинама лопте. У досадашњим истраживањима нема резултата који интерпе-

тирају ову појаву. Након прегледа радова у којима је истраживан проблематика инстеп ударца ( *McCrudden M., Reilly, T., 1993; Dorge, H., и cap. 1999; ; Shinkai, H., и cap 2007; Kellis, E., Katis, 2007; Shan, G. B., & Westerhoff, P., 2005; Naito, K., Fukul, Y., Maruyama, T., 2010* ) утврђено је да постоје варијабле и законитости које важе и при извођењу бочног волеј ударца.

## ПРЕДМЕТ, ЦИЉ И ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет овог истраживања је степен успешности извођења бочног волеј ударца у односу на кинематику лопте, и у односу на механичке услове извођења покрета.

Циљ истраживања је био да се код врхунских фудбалера одреди, из аспекта размене брзине и прецизности, шема оптимизовања кретања по критеријуму ефикасности и економичности бочног волеј ударца.

Задачи, које је неопходно испунити да би се реализовао задати циљ истраживања, били су следећи:

1. Испитанике распоредити у две групе према моторним задацима (према факторима брзине и удаљености лопте).
2. Утврдити временску шему промена угаоних брзина током покрета, у односу на брзину лопте и у односу на почетне услове извођења.
3. Утврдити промене брзине краја кинетичког ланца током покрета у односу на брзину лопте.

## ХИПОТЕЗЕ

### *Општа хипотеза:*

$X$  – Очекује се да ће, различити механички услови извођења покрета довести до промене у кинематичкој адаптацији локомоторног апарата.

### Посебне хипотезе:

$X_1$  – Очекује се да ће се, са повећањем брзине лопте, десити повећање брзине реализације покрета и скраћење егзекутивне фазе по трајању.

$X_2$  – По принципу Бернштајнових синергија, очекује се да се слагање брзина појединачних сегмената одвија на различит начин у односу на задату брзину лопте.

$X_3$  - Очекује се да ће, са повећањем висине, а независно од брзине лопте, систем тежити што „замрзнутијој“ позицији током покрета у складу са симултаном кинематичком шемом.

## Методe, технике, ток и поступци истраживања

Ово је трансверзално истраживање експерименталног карактера. Параметрисање почетних услова извођења је обављено коришћењем подбачених лопти од једне високопрофесионалне особе, која је претходно учила покрете по аспекту брзине и тачности и достигла задовољавајуће критеријуме. У каснијој процедури обраде кинематичких варијабли одређена је висина и брзина лопте, тако што су формирани различити опсежи висина (ниске од 680 до 800 мм, средње од 920 до 950 мм, високе од 960 до 1000 мм) и брзина лопте (споре од 3,9 до 6,5 м/с, умерене од 7,0 до 7,6 м/с, и брзе од 7,9 до 8,5 м/с). Ниво прецизности је дефинисан диференцирањем 4 поља у пројекцији гола. За обраду су узимани успешни покушаји извођења ударца (погођен ближи горњи сегмент гола). Гол се налазио на удаљености од 9 метара од испитаника.

## Узорак испитаника

Експеримент је изведен на узорку од 30 испитаника мушког пола. То су професионални фудбалери, чланови националне селекције Србије, старости од 19 до 23 године (млади репрезентативци) који припадају експерименталној групи. Већина испитаника у тренутку извођења тестирања играло је у великим иностраним клубовима FC Chelsea, FC Benfica, FC Leiria, FC München 1860, FC Luch – Energia, FC Brantford Galaxy, FC London City, FC Košice), док су остали били чланови водећих клубова Супер лиге Србије (ФК Црвена Звезда, ФК Партизан, ОФК Београд).

Узорак варијабли су представљале две критеријумске (брзина и висина лопте) и 25 предаторских варијабли:

1. Угао у зглобу колена у тренутку контакта стопала са лоптом (ангКОЛ\_тк)
2. Минимални угао у зглобу колена током фазе замаха (ангКОЛ\_мин)
3. Максимални остварени угао у зглобу колена при извођењу бочног волеј ударца (ангКОЛ\_max)
4. Угао у зглобу кука у тренутку контакта стопала са лоптом (ангКУК\_тк)
5. Време протекло од тренутка оствареног максималног угла у зглобу кука до тренутка контакта стопала са лоптом (тКУК\_max\_конт)
6. Угаона брзина у зглобу колена у тренутку контакта сопала са лоптом (wКОЛ\_тк)
7. Максимално остварена угаона брзина у зглобу колена при извођењу бочног волеј ударца (wКОЛ\_max)
8. Време протекло од тренутка остваривања максималне угаоне брзине у зглобу колена до тренутка контакта стопала са лопотом (twКОЛ\_max\_тк)
9. Угаона брзина у зглобу кука у тренутку контакта стопала са лоптом (wКУК\_тк)

10. Максимално остварена угаона брзина у зглобу кука при извођењу бочног волеј ударца ( $w_{КУК\_мах}$ )
  11. Време протекло од тренутка остварене максималне угаоне брзине у зглобу кука до тренутка контакта стопала са лоптом ( $tw_{КУК\_мах\_тк}$ )
  12. Дистанца између кука и пете у тренутку контакта стопала са лоптом (Дкукпета\_тк)
  13. Угао које заклапају осе раме-кук и кук-пета у тренутку контакта стопала са лоптом (ангРКП\_тк)
  14. Угаона брзина између оса раме-кук и кук-пета у тренутку контакта стопала са лоптом ( $w_{РКП\_тк}$ )
  15. Максимално остварена угаона брзина између оса раме-кук и кук-пета при извођењу бочног волеј ударца ( $w_{РКП\_мах}$ )
  16. Максимално остварена брзина центра зглоба кука при извођењу бочног волеј ударца ( $вел_{КУК\_мах}$ )
  17. Брзина центра зглоба кука у тренутку контакта стопала са лоптом ( $вел_{КУК\_тк}$ )
  18. Време протекло од тренутка остварене максималне брзине центра зглоба кука до тренутка контакта стопала са лоптом ( $t_{вел_{КУК\_мах\_тк}}$ )
  19. Брзина центра зглоба колена у тренутку контакта стопала са лоптом ( $вел_{КОЛ\_тк}$ )
  20. Временски период протекло од тренутка остварене максималне брзине центра зглоба колена до тренутка контакта стопала са лоптом ( $t_{вел_{КОЛ\_мах\_тк}}$ )
  21. Максимално остварено убрзање центра зглоба кука при извођењу бочног волеј ударца ( $ацц_{КУК\_мах}$ )
  22. Убрзање стопала у тренутку контакта стопала са лоптом ( $ацц_{СТО\_тк}$ )
  23. Максимално остварено убрзање стопала при извођењу бочног волеј ударца ( $ацц_{СТО\_мах}$ )
  24. Брзина стопала у тренутку контакта стопала са лоптом ( $вел_{СТОП\_тк}$ )
  25. Максимално остварена брзина стопала при извођењу бочног волеј ударца ( $вел_{СТОП\_мах}$ )
- Словна комбинација у загради на крају варијабле представља скраћени назив варијабле.

## Начин мерења

Варијабле кинематике бочног волеј ударца, односно просторно временске координате рефлективних маркера, измерене су 3Д инфрацрвеним (ИР) системом марке Qualisys (Sweden) са фреквенцијом узорковања сигнала од 240Хз. Систем се састојао од три ИР камере и персоналног рачунара, на коме су се, уз помоћ оригиналног Qualisys track manager (QTM) софтвера, складиштили подаци који су касније анализирани

Сва мерења представљена у овом раду, обављена су у спортској хали Факултета за спорт и физичко васпитање у Београду. Одлука да, уместо

отвореног простора за мерење, користимо затворени простор, донета је како би се обезбедили стабилни услови за овакву врсту испитивања. На овај начин су избегнути спољашњи, пре свега атмосферски утицаји (ветар, сунчево зрачење, температурне осцилације и др.).

Кинематичке варијабле бочног волеј ударца су мерене у месецу јуну и јулу 2010. године. То је битан податак за тумачење резултата, јер су сви испитаници били у сличној тренажно такмичарској фази припремљености. Са аспекта технологије спортског тренинга, таква фаза би се могла окарактерисати као крај такмичарског мезоциклуса и прелазак на прелазни период. Постигнути резултати не представљају највише домете код неких испитаника.

Рефлективни маркери (дијаметра 19мм) позиционирани су на стандардима утемељене референтне тачке које представљају центре зглобова стајне и замајне ноге. Лопта је била обележена са два рефлективна маркера у облику калоте који су налепљени на обе хемисфере лопте са супротне стране. У току мерења коришћене су две такве обележене лопте, како би утрошак времена био што мањи.

Нумерички подаци снимљених удараца су били ускладиштени на тврдом диску и другим носачима. Они су након експерименталних процедура прво били обрађивани оригиналним QTM софтвером. Прегледавањем снимљеног материјала, избачени су из даље процедуре сви ударци код којих се током трајања извођења губи сигнал неког маркера, затим су обележавани сви релевантни маркери. На основу проучавања сигнала и консултовања референтне литературе, одређен је степен филтрације од 9Hz са усредњавањем вредности (енг. moving average) пре калкулације података. Филтрација сигнала је извршена у QTM софтверу. Након тога су мануелно обележавани маркери, чије су се вредности обрађивале (позиције, помераји, брзине, углови, угаоне брзине, по магнитуди или компонентама), и из QTM су експортиране у Excell на даљу обраду.

## СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА

Подаци добијени истраживањем су обрађени применом дескриптивне и компаративне статистичке анализе.

Значајни ефекти фактора висине лопте и брзине лопте, као и њихове интеракције, на зависне кинематичке варијабле су тестирани статистичком методом Двофакторска анализе варијансе (двофакторска АНОВА), где је испитан утицај 3 модалитета фактора висине лопте (ниска, средња и висока) и 3 модалитета фактора брзине лопте (спора, умерена и брза) (3x3 АНОВА). Уколико је добијен статистички значајан утицај једног од фактора на варијабилитет зависне варијабле, спроведена је Пост-хок ЛСД Фишер анализа како би се утврдила статистичка значајност разлика између различитих модалитета тог фактора.

Добијена значајна интеракција фактора висине и брзине лопте, означава да се дата варијабла мења под утицајем једног фактора независно од другог. За



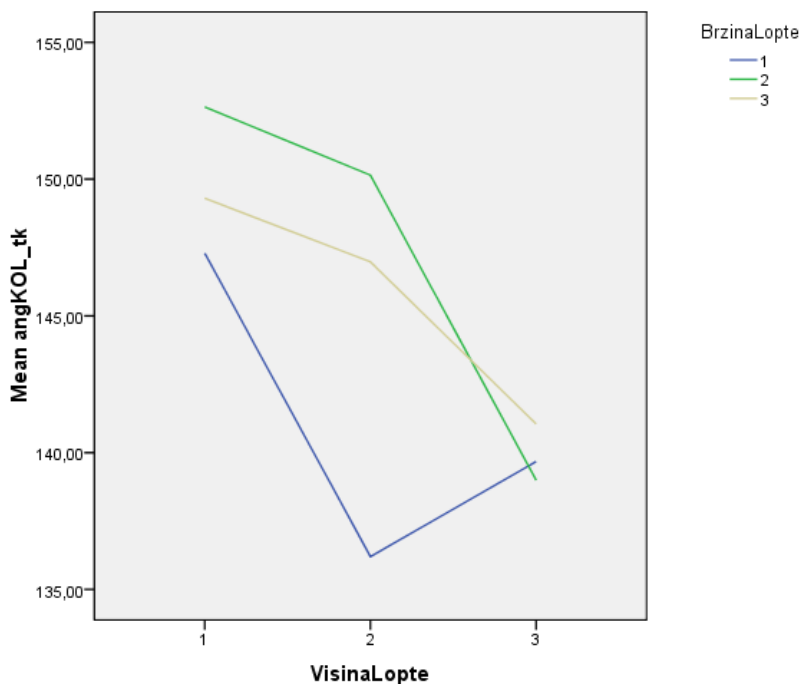
варијабле где је добијена значајна интеракција, реализована је статистичка процедура која тестира утицај сваког од фактора независно од другог, тј. урађена је једнофакторска анализа варијансе (АНОВА) за испитивање засебног утицаја висине лопте и засебног утицаја брзине лопте. Сви добијени резултати су сматрани статистички значајним на нивоу значајности од  $p < 0.05$ . Подаци су анализирани помоћу статистичког програма СПСС (верзија 17.0).

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Најзначајнији резултати су представљени праћењем варијабле задатака у односу на варијабле извођења (Графици од 1 до 5).

### Угао у зглобу колена у тренутку контакта стопала са лоптом (ангКОЛ\_тк)

Ова варијабла је издвојена да би се видело да ли је, као таква, сензитивна на промене извођења моторног задатка. Она описује вредности промене угла у зглобу колена у тренутку контакта стопала са лоптом, у зависности од брзине и висине долазеће лопте.



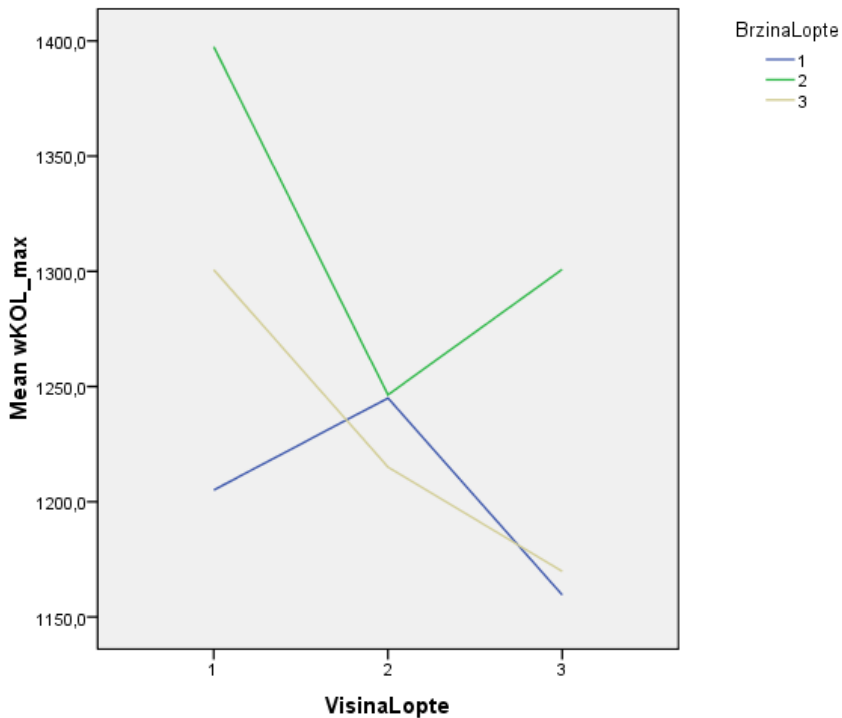
Угао у зглобу колена у тренутку контакта са лоптом (ангКОЛ\_тк/у степенима °)

**График 1:** Промене просечних вредности варијабле угла у зглобу колена у тренутку контакта са лоптом (ангКОЛ\_тк), за три различите висине лопте (1 – ниска, 2 – средња и 3 – висока лопта) и три различите брзине лопте (1 – спора, 2 – умерена и 3 – брза лопта).

Са повећавањем висине лопте, угао у зглобу кука се смањује, што значи да се оса трупа и оса натколенице све више приближавају. Не постоји велики отклон трупа, зато што човек жели непосредно да задржи динамичку стабилност, не одводећи тежиште ван ослоња, и из тих разлога натколеница може да заузме вишу позицију. Брзина и висина лопте директно утичу на угао у зглобу кука, јер се натколеница, као најмасивнији сегмент кинетичког ланца, задржава нешто дуже у једном положају, како би се одржала динамичка равнотежа, и како остали сегменти система не би претекли центар зглоба кука.

### Максимално остварена угаона брзина у зглобу колена при извођењу бочног волеј ударца (wКОЛ\_max)

Ова варијабла је потребна како би се утврдило да ли постоји, и колики је њен утицај у завршној фази покрета. Она описује вредности промене максимално остварених угаоних брзина у зглобу колена при извођењу бочног волеј ударца, у зависности од брзине и висине долазеће лопте.

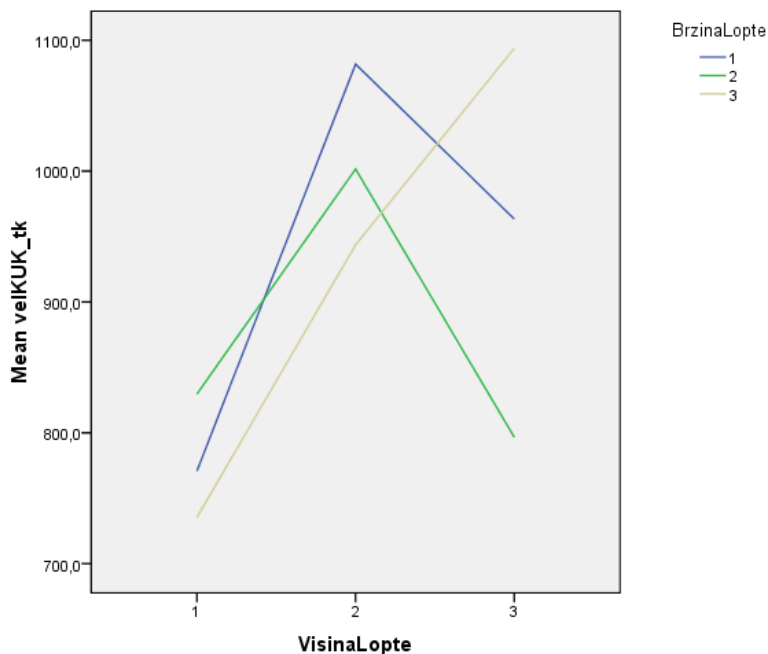


Максимално остварена угаона брзина у зглобу колена при извођењу бочног волеј ударца (wКОЛ\_max/степен/секунда °/с)

**График 2:** Промене просечних вредности варијабле максимално остварена угаона брзина у зглобу колена при извођењу бочног волеј ударца (wКОЛ\_max), за три различите висине лопте (1 – ниска, 2 – средња и 3 – висока лопта) и три различите брзине лопте (1 – спора, 2 – умерена и 3 – брза лопта).

Фудбалер мора да створи стабилне услове већом напетости у целом телу, да би регуларно могао да дочека долазећу лопту. Другим речима, има све време замрзавајућу фазу и смањену слободу екстензије у зглобу колена у завршној фази, за разлику од умерено долазећих лопти у којима је ослобађајућа фаза покрета. Баш због тога што нема разлике у степену угаоне брзине, логично је да се и процес едукације изводи не малим, него у умереним брзинама. Тим пре што је и стандардна девијација већа код малих брзина. Било би логично да је ослобађајућа фаза приликом извођења волеја изражена када су долазеће лопте споре, али постоји проблем, јер припремна фаза дуго траје. Постоје разлике у егзекутивној фази између спорих, као и умерених лопти, и оне су највећим делом везане за нестабилност припремне фазе. Показало се да само опружање није ефикасно када су лопте високе. Разлози су вишеструки: за једног од њих се претпоставља већи степен крутости лигаментозне везе, што директно осликава нетренирање сениора тренажним процедурама флексибилности, чиме се спаривање покрета у зглобу кука отежава.

### Брзина центра зглоба кука у тренутку контакта стопала са лоптом (велКУК\_тк)



Брзина центра зглоба кука у тренутку контакта стопала са лоптом (велКУК\_тк/метар/секунд м/с)

**График 3.** Промене просечних вредности варијабле брзина центра зглоба кука у тренутку контакта стопала са лоптом (велКУК\_тк), за три различите висине лопте (1 – ниска, 2 – средња и 3 – висока лопта) и три различите брзине лопте (1 – спора, 2 – умерена и 3 – брза лопта).

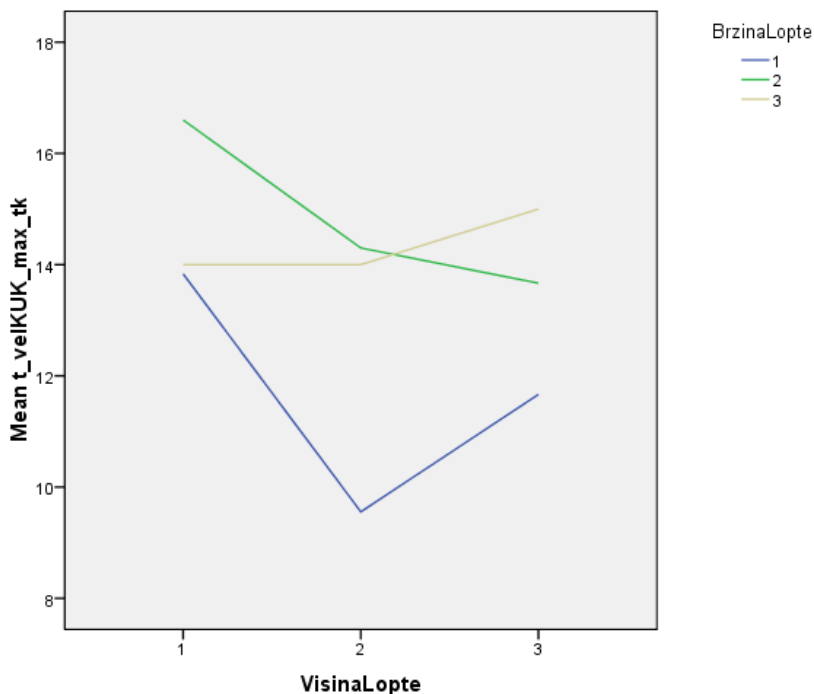
Ова варијабла је потребна зато што успешност овог типа моторног задатка зависи од правовременог тајминга, и да би се он реализовао, систем мора да

се управља контролом у брзини покрета. Варијабла описује промене вредности брзине центра зглоба кука у тренутку контакта стопала са лоптом у односу на брзину и висину лопте.

Поштујући принципе Бернштајнове синергије (*Bernstein, NA., 1967*), у тренутку контакта, систем се понаша у границама коректног односа линијских брзина краја кинетичког ланца у односу на проксималне (масивније) сегменте тела. Тај однос је 1:5:12 у смислу мултипликовања брзине краја кинетичког ланца. Најмирнију позицију центра зглоба кука обезбеђују најниже позиције лопте. Ово додатно потврђују резултати брзине померања краја кинетичког ланца, где се изражено види да су, при умереним и спорим покретима у ниским позицијама, вредности брзине далеко највеће.

#### **Време протекло од тренутка остварене максималне брзине центра зглоба кука до тренутка контакта стопала са лоптом ( $t_{\text{велКУК\_max\_тк}}$ )**

Ова варијабла је издвојена како би се испитало да ли се мења временска шема извођења покрета у зависности од брзине и висине лопте. Она описује временски интервал (шему извођења покрета) у односу на брзину и висину лопте.

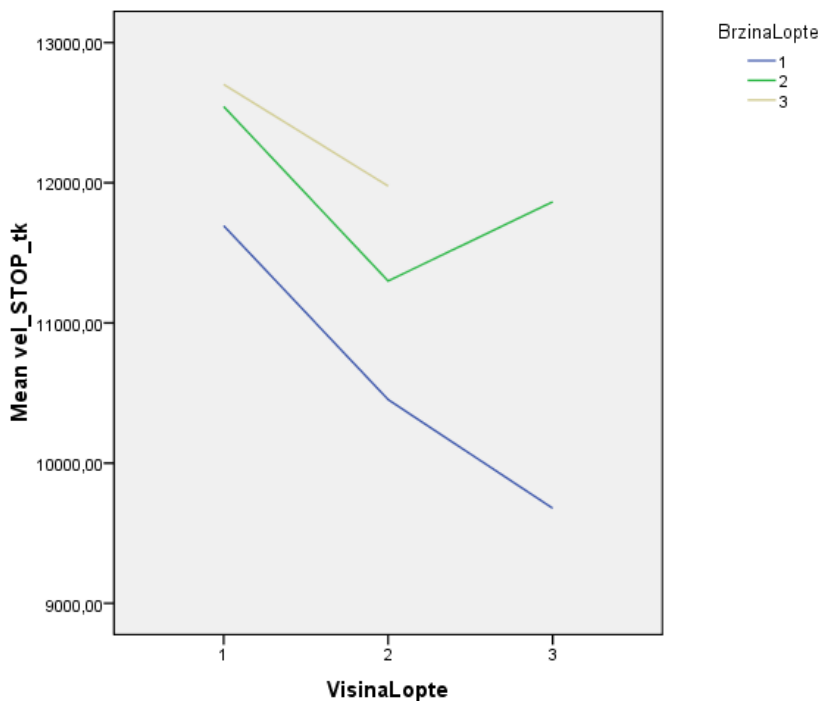


Време протекло од тренутка остварене максималне брзине центра зглоба кука до тренутка контакта стопала са лоптом ( $t_{\text{велКУК\_max\_тк}}$  / у секундама с)

**График 4.** Промене просечних вредности варијабле време протекло од тренутка остварене максималне брзине центра зглоба кука до тренутка контакта стопала са лоптом ( $t_{\text{велКУК\_max\_тк}}$ ), за три различите висине лопте (1 – ниска, 2 – средња и 3 – висока лопта) и три различите брзине лопте (1 – спора, 2 – умерена и 3 – брза лопта).

### Брзина стопала у тренутку контакта са лоптом (вел\_СТОП\_тк)

Ова варијабла је потребна зато што успешност оваквог типа моторног задатка зависи од правовременог тајминга, као и да би се утврдило да ли постоје разлике у односу на максимално остварену брзину стопала. Варијабла описује промене вредности брзине стопала у тренутку контакта са лоптом, у односу на брзину и висину лопте.



Брзина стопала у тренутку контакта стопала са лоптом  
(вел\_СТОП\_тк /метар/секунд м/с)

**График 5:** Промене просечних вредности варијабле брзина стопала у тренутку контакта стопала са лоптом (вел\_СТОП\_тк), за три различите висине лопте (1 – ниска, 2 – средња и 3 – висока лопта) и три различите брзине лопте (1 – спора, 2 – умерена и 3 – брза лопта).

При најнижим висинама лопте и највећим брзинама, постижу се највеће вредности брзине стопала. У тим условима, систем има највећи степен слободе у механичком смислу тј. највећу амплитуду покрета, захваљујући изразито малој потреби за одржавање стабилности тела у условима високих лопти.

## ЗАКЉУЧЦИ

Резултати истраживања указују да постоје предуслови за закључке који се могу поделити у два правца. Први се односи на биомеханику извођења покрета, док се други односи на механизам моторног управљања при бочном волеј ударцу.

Постоје два начина извођења бочног волеј ударца, у односу на брзину и висину лопте. За високе и брзе лопте, покрет се изводи замрзнутом позицијом сегмената кинетичког ланца тј. користи се релативно симултана кинематичка шема. У условима ниске и споре лопте, користи се отворена кинематичка шема („бич”), тј. покрећу се сегменти од проксималног ка дисталном крају кинетичког ланца, у циљу постизања највеће брзине краја кинетичког ланца (стопала).

Постоје промене у кинематичкој адаптацији локомоторног апарата на различите механичке услове извођења покрета бочног волеј ударца, чиме је потврђена генерална хипотеза (X).

Утврђено је да се са повећањем брзине лопте повећава брзина реализације покрета и скраћује егзекутивна фаза по трајању, чиме се потврдила хипотеза (X1).

Утврђено је да се по принципу Бернштајнових синергија (*Bernstein, N.A., 1967*), слагање брзина појединачних сегмената одвија на различит начин у односу на брзину долазеће лопте, чиме је потврђена хипотеза (X2).

Утврђено је да се са повећањем висине лопте, услед смањења броја степени слободе у зглобу кука, систем изражено понаша према X3 хипотези користећи симултану кинематичку шему покрета.

Повећањем брзине лопте, степен одступања угла у зглобу колена се у тренутку контакта стопала са лоптом, смањује, што имплицира да је већа брзина услов за ефикасно и тачно извођење бочног волеј ударца. Тиме је потврђена законитост  $\Phi - \Phi$  модела моторног управљања (*Schmidt, R.A., Sherwood, D.E., Zelaznik, H.N., Leind, B.J., 1985*).

Утврђено је да не постоји значајан утицај почетне позиције у зглобу колена на задати кретни задатак. Постоји утицај максимално оствареног угла у зглобу колена на степен замрзнутости кинетичког ланца.

Потврђена је генерална теорија управљања брзим покретима за варијаблу време протекло од минималног угла у зглобу колена до тренутка контакта стопала са лоптом, у делу који указује да се фудбалер из аспекта визуелне перцепције најлошије адаптира на пребрзе и преспоре лопте.

Постоји директан утицај брзине и висине лопте на угао у зглобу кука. За извођење бочног волеј ударца потребно је одржати динамичку стабилност система, што се постиже дужим задржавањем натколенице (као најмасивнијег сегмента) нешто дуже у једном положају.

Утврђено је да постоји сличан начин управљања покретом за ниске и средње лопте када је у питању контрола трајања за варијаблу време протекло од тренутка оствареног максималног угла у зглобу кука до тренутка контакта стопала са лоптом.

Не постоји зависан однос између брзина и начина извођења (колико ротационо или трансаторно) покрета бочног волеја за варијаблу угаона брзина у зглобу колена у тренутку контакта стопала са лоптом. Постоје разлике у егзекутивној фази између спорих и умерених лопти за варијаблу максимално остварена угаона брзина у зглобу колена при извођењу бочног волеј ударца.

Постоје квалитативно различити програми за убрзавање натколенице у зглобу кука за споре, брзе и умерене лопте, за варијаблу угаона брзина у зглобу кука у тренутку контакта са лоптом. Ово указује на тежину сложеног моторног програма садржаног од симултане везе спорог и брзог покрета. Не постоји значајан утицај максимално остварене угаоне брзине на ефикасност извођења бочног волеј ударца.

За варијаблу угао који заклапају осе раме – кук и кук – пета у тренутку контакта стопала са лоптом, пронађен је независан утицај брзине лопте у односу на висину лопте и отклоне трупа у односу на осу ноге. Може се закључити да суседни делови тела утичу на равнотежу и стабилност и морају бити, у односу на брзину, прецизно позиционирани.

Постоји утицај брзине лопте на успорења система за варијаблу угаона брзина између оса раме – кук и кук – пета у тренутку контакта стопала са лоптом. Не постоје значајне разлике у максималној угаоној брзини између различитих висина на нивоу сваке од брзина (за варијаблу максимално остварена угаона брзина између оса раме – кук и кук – пета). Може се закључити да се покрет изводи на сличан начин, и да није доминантна карактеристика при извођењу бочног волеј ударца. Пронађена је разлика у квалитативним моторним програмима за споре и брзе лопте за варијаблу минимално остварена брзина центра зглоба кука при извођењу бочног волеј ударца.

Утврђено је да не постоје разлике у успоравајућој фази колена, за варијаблу временски период протекао од тренутка остварене максималне брзине центра зглоба колена до тренутка контакта са лоптом, независно од тога која је комбинација брзине и висине лопте. Ово говори о релативно стабилној програмској шеми.

Постоји релативно стабилан однос између максималне брзине и протеклог времена, за варијаблу максимално остварено убрзање центра зглоба кука при извођењу бочног волеј ударца.

Повећањем брзине лопте повећава се максимално убрзање стопала, за варијаблу максимално остварено убрзање стопала при извођењу бочног волеј ударца. Фудбалер мора да повећа максимално остварено убрзање зарад стабилности система у непосредном контакту са лоптом.

Постоји завистан однос између најнижих висина и највећих брзина лопте са једне стране, и највеће вредности брзине стопала са друге стране, за варијаблу брзина стопала у тренутку контакта са лоптом.

## ПРАКТИЧНЕ ИМПЛИКАЦИЈЕ

Са становишта практичне примене у фудбалу, резултати истраживања тренерама пројектују избор методских поступака приликом учења, увежбавања и усавршавања покрета бочног волеј ударца. Конкретно, фудбалеру треба дати јасну инструкцију како да управља покретом, тј. како да позиционира сегменте у односу на висину и брзину долазеће лопте.

Пракса је показала да за брзе лопте не постоји задршка већ се покрет изводи „замрзнутом“ позицијом натколенице, потколенице и стопала. У условима долазеће споре лопте, бочни волеј ударац треба извести на принципу „бича“ тј. прво покренути натколеницу, на коју се надовезује потколеница и на крају стопало. Ови покрети треба да буду мекани, опуштени и међусобно повезани, стварајући динамичко – ритмичку целину.

Када се повећава висина долазеће лопте, фудбалер мора да приближи осу трупа и осу натколенице ударне ноге, како би задржао динамичку стабилност тела. Због тога треба инсистирати да фудбалер натколеницом заузме вишу позицију, и да остали сегменти не претекну кук. У условима доласка ниске лопте, покрет је потребно извести брже у односу на високу лопту, зато што егзекутивна фаза краће траје. Зато фудбалеру треба што краће да траје одвођење сегмената у задњу позицију.

Процес едукације треба изводити у условима умерено брзе долазеће лопте, када настаје ослобађајућа фаза покрета. Како се повећава брзина долазеће лопте, фудбалери морају труп и ударну ногу прецизно да позиционирају, тако што отклон трупа мора бити већи у супротном смеру од доласка лопте и да контакт стопала ударне ноге и лопте буде у што пруженијој позицији стопала. Потребно је инсистирати код фудбалера да, када им долазе брзе лопте, кук буде најспорији сегмент у ланцу, како би егзекутивна фаза имала прецизан завршетак.

Највеће брзине стопала фудбалери постижу при доласку ниске лопте, а то је могуће спровести поставком тела и убрзавањем система, јер ниске лопте претпостављају најбоље механичке услове (највећу амплитуду покрета) извођења.

При контакту стопала и лопте, за најбрже лопте, потребно је највеће убрзање стопала да би се усмерено одредио правац лета лопте. То подразумева осигурање стабилности система преко стајне ноге, на подлози као ослонцу. Одређену стабилност можемо осигурати преко замајне ноге коју треба, непосредно пре контакта са лоптом, опружити и фиксирати у свим зглобовима. Додатну стабилност могуће је постићи и компензаторним кретањима тела и руку.

Фудбалера треба упутити да не пресеца динамичку целину покрета. У складу са овим потребно је да фудбалер брзе лопте дочекује замрзнутом позицијом кинетичког ланца са акцентом на зглоб кука, а споре лопте са задршком у зглобу кука како би крај кинетичког ланца (стопало) постигло највећу брзину и да се у завршној фази оријентише према позицији скочног зглоба.



У завршној фази покрета, потребно је извршити пренос тежине тела са стајне на замајну ногу, како би се омогућио даљи наставак кретања фудбалера.

Актуелно планирање циклуса тренирања и методски поступци не могу у довољној мери утицати на достизање врхунског нивоа фудбалске технике. Само уз праћење биомеханичких и других варијабли и варијабли моторног управљања преко којих се врши контрола извођења фудбалске технике, може се очекивати достизање највишег нивоа извођења бочног волеј ударца. На тај начин, уз примену у свакодневној фудбалској пракси, најпрецизније се уочавају и исправљају грешке у техници извођења покрета. Само спознајом и нивоом бољег упражњавања овог покрета, унапређује се брзина реализовања фудбалске игре.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Bernstein, N.A. (1967): *The coordination and regulation of movements*. New York: Pergamon.
2. Brnad, I. (1997) Kinematička analiza bočnog volej udarca u nogometu. Diplomski rad, Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
3. Dorge, H., Bull-Andersen, T., Sorensen, H., Simonsen, E., Aagaard, H., Dyhre-Poulsen, P., Klausen, K. (1999): *EMG activity of the iliopsoas muscle and leg kinetics during the soccer place kick*. Scand J Med Sci Sports 1999; 9: 195-200.
4. Ilić, B.D. & Jarić, S. (1992): *Učenje brzih osnovnih pokreta: Uticaj početnog na terminalni položaj segmenta*. Fizička kultura, 46: 203-207.
5. Ilić, D.B., Corcos, Dm., Gottlieb, G. L., Latash M.L., Jaric, S. (1996): *The Effects of Practice on Movement Reproduction: Implications for Models of Motor Control*. Human Movement Sciences, 15: 101-114.
6. Ilić D.B., (1999) : *Motorna kontrola i učenje brzih pokreta*. Monografija, Zadužbina Andrejević, Beograd
7. Kellis, E., Katis (2007): Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. *Journal of Sports Science and Medicine* 6, 154 - 165.
8. Latash, M.L. (1994): *Control of Human Movement*. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
9. Mc Crudden M., Reilly, T. (1993): *A comparison of the punt and the drop-kick*. In: Science and Football II. Reilly, T., Clarys, J., Stibbe, A. (eds.) E. and F.N. Spon, London, 362-366.
10. Naito, K., Fukui, Y., Maruyama, T. (2010): Multijoint kinetic chain analysis of knee extension during the soccer instep kick. *Human movements science* 29 (2010), 259-276.
11. Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y. and Sakurai, S. (2002): Threedimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, 2028- 2036

12. Schmidt, R.A., Sherwood, D.E., Zelaznik, H.N., Leind, B.J. (1985): *Speed-accuracy trade-offs in motor behavior: Theories of impulse variability*. In H.Heuer, U.Kleinbeck,
13. Schmidt, R.A. (1990): *Motor control and learning*. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
14. Shan, G. B., & Westerhoff, P. (2005): *Full body kinematic characteristics of the maximal instep soccer kick by male soccer players and parameters related to kick quality*. Sport biomechanics, 4 (1): 52 -72.
15. Shinkai, H.; Nunome, H., Ikegami, Y. and Isokawa, M. (2006): Foot movement in impact phase of instep kicking in soccer. Journal of Sports Science and Medicine.
16. Shinkai, H., Nunome, H.; Ikegami, Y. and Isokawa, M. (2007): Ball-foot interaction in impact phase of instep soccer kick. With World Congress on Science and Football. Journal of Sports Science and Medicine Suppl. 10, 1-222