¹Лука Добовичник

²Саша Јаковљевић,

¹Винко Зовко

¹Фране Ерчуљ

796.323.015.8

Оригинални научни чланак

¹Универзитет у Љубљани, Факултет за спорт, Словенија

²Универзитет у Београду, Факултет спорта и физичког васпитања

ОДРЕЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНИХ ВРЕДНОСТИ ПОЈЕДИНИХ КИНЕМАТИЧКИХ ПАРАМЕТАРА ШУТЕВА ЗА ТРИ ПОЕНА У КОШАРЦИ ПРИМЕНОМ 94FIFTY ТЕХНОЛОГИЈЕ

Сажетак

Помоћу технологије 94Fifty анализиран је шут за три поена. Покушали смо да сазнамо да ли се већина шутева налази у (од произвођача система за мерење) препорученим и планираним интервалима упадног угла лопте, ротације лопте, и трајања избачаја лопте, а желели смо да испитамо и конзистентност наведених параметара између бекова и других играча. Хипотезе су тестиране на узорку од 52 кошаркаша, старости од 18 и 19 година. Резултати су показали да је код већине шутева из поља 3 поена (6,75 м) упадни угао већи од 42°, али није у препорученом интервалу (између 42° и 48°); да се већина шутева не појављује у препорученом интервалу ротације лопте (од 130 до 150 обртаја/минут), као и да се већина шутева не појављује у процењеном интервалу трајања избачаја лопте (<0,7 секунди). Када је у питању конзистентност наведених параметара нису пронађене никакве разлике између бекова и играча који играју на другим позицијама. На основу резултата појављује се питање: да ли је произвођач мерног система адекватно оформио интервале наведених параметара или проблем лежи у извођењу шутева од стране изабраних играча?

Кључне речи: КОШАРКАШКА ЛОПТА / УПАДНИ УГАО / РОТАЦИЈА ЛОПТЕ / ВРЕМЕ ИЗБАЧАЈА

УВОД

Шут на кош је кључни елемент технике у кошарци и у сагласности је са правилом кошаркашке игре које гласи: „Тим који постигне већи број поена на крају утакмице је победник“ (Official Basketball Rules, 2014). Скок шут је најчешће употребљавани шут у кошарци, којим се постиже више од 40% поена на утакмици (Tang, & Shung, 2005).

У савременој кошарци је веома значајан брз и ефикасан шут. У зависности од дистанце са

које се шутира, време (трајање) шута такође зависи од брзине. Брзина извођења покрета руке којом се шутира и лопте се разликују. Стагнација лопте може такође утицати на време извођења шута. Стагнација лопте значи да лопта у једном тренутку мирује, што указује да дужина лета лопте и брзина лопте остају непромењене (нула) у одређеном временском оквиру. Она се може јавити у било ком тренутку од пријема лопте до њеног избацивања. Брзо извођење шута се

врши без сувишних покрета, што је последица овладавања исправном техником бацања лопте. Фонтела (Fontella, 2006) и Флеминг (Fleming, 2004) наводе да најбољи шутери у кошарци изводе шут за 0.65 секунди или мање.

Критеријум ефикасног шута у кошарци је пролазак лопте кроз обруч, и то се означава као „погодак из поља“ (енг. field goal). Већи упадни угао лопте означава већу привидну пројекцију обруча коша, која је дефинисана као релативно поље обруча, вертикално на правац бачене лопте који одређује проценат погођених шутева (Miller, & Bartlett, 1993). Пракса показује да је најбољи упадни угао лопте око 45° (Science of arcology, 2015). Кроули (Crowley, 2011) пише да је оптималан упадни угао негде између 42° и 48° . Упадни угао је директно повезан са углом избачаја (Brancazio, 1981) који се мења са променом удаљености од обруча (Okazaki, & Rodacki, 2012), висином избачаја, и позицијом, односно, дејством одбрамбеног играча (Rojas, Capero, Onã, & Gutierrez, 2000). У пракси, угао избачаја са краћих дистанци се креће од 48° до 55° и са дужих удаљености 44° до 52° (Miller, & Bartlett, 1993).

Када се говори о кинематичким параметрима шута Милер и Бартлет (Miller, & Bartlett, 1993) верују да је оптимална комбинација кинематичких параметара важна за успешно извођење шута. Један од кинематичких параметара шута је и ротација лопте, која, према Сатију (Satti, 2004), нема директан утицај на директан погодак, док Каралејић и Јаковљевић (2008) тврде да је ротација важна код шутева при којима лопта најпре удари у обруч или у таблу. Ротација лопте обично се јавља у супротном смеру од шута са фреквенцијом од 3Hz или другим речима са брзинама до 2 m/s. Код шутева који трају 1 секунд лопта се окреће око своје осе 1.25 до 3 пута (Satti, 2004).

Поред оптималне комбинације, конзистентност три горе поменута кинематичка параметара (упадни угао, време избачаја, ротација лопте) је такође од значаја. Варијабилност ових параметара код различитих шутирања, која изводи један исти играч, је мања ако је играч бацао (шутирао) лопту под непромењеним условима (иста техника

бацања, иста удаљеност, играч одбране не омета шутера, итд); играч треба да буде способан да при шутирању поменуте параметре задржи константним колико је то год могуће. Са практичног становишта варијабилност у техници покрета често се прихвата као основа у прављењу разлика између више и мање искусних (успешних) спортиста јер представља стабилност модела покрета (Fitts, & Posner, 1967). Међутим, постоје и друге теорије. На пример, Стергиоу, Харборне и Кавано (Stergiou, Harbourne, & Cavanaugh, 2006) говоре о оптималној варијабилности покрета. Овај приступ види варијабилност у функцији која одређује успешну технику (Robins, et al., 2006) или као оптималану девијацију која и даље указује на погрешну технику (Dierks, & Davis, 2007; Stergiou, et al., 2006). Одређене студије истражују обрасце понашања који утичу на перформансе у спорту. Најупечатљивије су студије Лонсдејла и Тама (Lonsdale, & Tam, 2007), који су испитивали професионалне кошаркаше код извођења слободних бацања, и студија Џексона (Jackson, 2003), који је истраживао слободне ударе у рагбију. Лонсдејл и Там (Lonsdale, & Tam, 2007) су утврдили да су играчи били 10% мање ефикасни када су променили свој доминантни образац понашања пре извођења слободних бацања. У студији спроведеној од стране Џексона (Jackson, 2003) показано је да је време концентрације било дуже пре извођења тежих, сложенијих удараца. Закључено је да се, када је реч о варијабилности у извођењу тежих, сложенијих удараца, може наћи варијабилност у обрасцу понашања. Оба истраживања проучавају конзистентност перформанси на другачији начин.

Овај чланак је фокусиран на шут за три поена у кошарци (6.75 м), где је коришћена, такозвана, паметна лопта (94Фифти) са циљем да се испитају три витална кинетичка параметра кретања лопте (упадни угао лопте, време трајања шута и ротација лопте). То је позната мерна технологија која се све више користи у кошаркашком тренингу. Циљ истраживања је био да се сазнају проценати шутева који су били изведени у границама интервала наведених кинематичких параметара које је произвођач инструмента дефинисано као идеалне.

МЕТОД

Узорак испитаника

Истраживање је спроведено на узорку кошаркаша из седам српских кошаркашких клубова: КК „Церак“, КК „ФМП“, КК „Беовук“, КК „Црвена звезда“, КК „Земун“, КК „Партизан“ - сви из Београда, и КК „Крис Крос“ из Панчева, као и играча младе репрезентације Србије (млађи од 20 година). Укупно је било 52 кошаркаша, рођених 1996. и 1995. године, односно, у тренутку мерења имали су 18 и 19 година ($M = 18.43$; $SD = 0.50$), са просечном телесном висином од 195.62 cm ($SD = 9.24$), и просечном телесном масом од 86.99 kg ($SD = 11.17$). Испитаници су били подељени у три групе у односу на позицију у игри: бекови, крила и центри. Групу бекова су чинили играчи који играју на позицијама 1 (плејмејкер) и позицијама 2 (бек шутер), групу крила играчи који играју на позицији 3, а групу центара су чинили играчи који играју на позицијама 4 (крилни центар) и 5 (центар).

Процедура, инструменти и параметри

У истраживању је коришћен производ компаније ©*Infomotion Sports Technologies: the 94Fifty basketball*, назван „паметна лопта“ и апликација 94Fifty. Лопта „прима“ силу од стране кошаркаша током шутирања или дриблинга. Ту је 6 инерционих сензора покрета који мере кретање. Унутрашњи сензори су програмирани да препознају снагу коју играч примењује на лопту. Сензори су повезани са 94Fifty App (© *Infomotion Sports Technologies*) преко „блутута“ (Bluetooth), који омогућава везу између лопте и апликације, као и пренос добијених информација до пријемника (Crowley, 2011). Акт шутирања у кошарци подразумева сопствену брзину и силу. Помоћу сензора у лопти и добро дефинисаног алгорита могу се мерити сви параметри присутни током проласка лопте кроз обруч; параметри који су значајни за постизање кошева, према Милеру и Бартлету (Miller, & Bartlett, 1993) као и према Ерчуљу и сарадницима (Erčulj, et al., 2014).

Апликација омогућава приказ информација које су инерциони сензори детектовали у лопти, а затим их шаљу, преко предајника у лопти, на апликацију на уређају. Апликација омогућава да се одаберу само одређени параметри шутирања у исто време: брзина (време трајања) избачаја (*Shot Speed*), упадни угао (*Shot Arc*), симултана брзина (време трајања) избачаја и упадни угао (*Shot Speed + Shot Arc*), и ротација лопте (*Shot Backspin*). Детаљнији опис 94Fifty технологије су дали Ерчуљ и сарадници (Erčulj, et al. 2014).

У нашем експерименту смо изабрали шут за три поена из места након додавања или пријема лопте на централној бековској позицији. Сваки играч је извео две серије од по 20 шутева. Пре тога су извршена антропометријска мерења, затим 7 минута индивидуалног загревања и 3 минута истезања. Играчи су били упознати са поставком и начином извођења шутирања, тако да су играчи сачекивали лопту у основном кошаркашком ставу – ставу троструке претње (благо савијени у скочном зглобу, зглобу колена и куку; гледајући право у обруч; стојећи са оба стопала на тлу у ширини рамена). Задатак играча је био да приме лопту и да, што је могуће брже, изведу шут, слично такмичарским условима, чинећи све да проценат убачених шутева буде што већи. Након детаљног описа поставке задатка сваки играч је извео 3 пробна шута.

Кинематички параметри шута су добијени уз помоћ лопте и 94Fifty App технологије и приказани су у табели 1.

Табела 1. Кинематички параметри шута

Варијабла	Опис варијабле	Јединице
РТ	Време избачаја	Секунде (s)
УУ	Упадни угао	Степени (°)
РБ	Ротација лопте	Број обрта по минути

Произвођач система за мерење је дао препоручене/идеалне интервале кинематичких параметара које смо и ми користили у истраживању (слика 1):

- време трајања избачаја (< 0.7 s);
- упадни угао (од 42° до 48°);
- ротација лопте (од 130 до 150 обрта/минут).

Слика 1. Интервали времена избачаја, упадног угла и ротације лопте

Обарда података

Статистичка обрада података је урађена применом компјутерског софтвера (програма) SPSS 21 (©IBM) за оперативни систем Windows 7 (©Microsoft). Дата је основна дескриптивна статистика. Анализа препоручених интервала је укључила 1020 шутева у којима је анализирана ротација лопте и 1040 шутева у којима су анализирани упадни угао и време трајања избачаја. Подаци су ранжирани од нижих ка вишим, и израчунат је број шутева који су изведени унутар и број шутева који су изведени изван препоручених интервала. Лимит за мајоризацију је био више од 50%. За анализу конзистентности кинематичких параметара између бекова и осталих играча примењен је Левенов тест (Levene's test), где су тестиране разлике у дисперзији.

РЕЗУЛТАТИ

Слике 2, 3 и 4 приказују податке о броју изведених шутева у унапред одређеним интервалима упадног угла, ротације лопте и времена избачаја, као и о броју шутева испод и изнад граница.

Слика 2 показује да су 503 шута (48.37%) изведена у препорученим интервалу вредности упадног угла, 515 шутева (49.52%) је изведено испод границе, а 22 шута изнад границе. Пошто су 22 шута (2.12%) изведена испод препорученог већег упадног угла, може се рећи да је више од половине шутева изведен са упадним углом већим од 42°.

Слика 2. Број шутева изведених у препорученом интервалу упадног угла. Унутар интервала од 42° до 48° (средњи стубац), испод границе (леви стубац) и изнад границе (десни стубац).

Из слике 3 се види да је 166 шутева (16.27%) изведено у препорученим интервалу ротације лопте, 669 шутева (68.53%) је изведено испод границе, а 155 шута (15.20%) изнад границе. Може се приметити да је 854 шута изведено изван граница, док је само 166 шутева било у границама препорученог интервала.

Слика 3. Број шутева изведених у препорученом интервалу ротације лопте. Унутар интервала од 130 до 150 обрта лопте у минути (средњи стубац), испод границе (леви стубац) и изнад границе (десни стубац).

Слика 4 показује да је 240 шутева (25.00%) изведено у препорученом интервалу трајања времена избачаја лопте, док је 780 шутева (25.00%) било изведено изван препорученог интервала.

Слика 4. Број шутева изведених у препорученом интервалу времена трајања избачај лопте (брзина шута), са границом < 0.7 секунди. Унутар границе (леви стубац) и изван границе (десни стубац).

У табели 2 је приказана дескриптивна статистика варијабли: време трајања избачаја лопте, ротација лопте и упадни угао за бекове и за крила и центре заједно. Она нам говори да је:

- просечна вредност времена трајања избачаја лопте код бекова 0.76 секунди а стандардна девијација 0.091 секунди, а иста просечна вредност код крила и центара заједно је 0.83 секунди, а стандардна девијација 0.13 секунди. Бекови представљају хомогенију групу у односу на крила и центре заједно јер имају у просеку мањи распон резултата и нижу стандардну девијацију;
- просечна ротација лопте код бекова 100.94 обрта у минути, а стандардна девијација 26.24 обрта у минути, док је код центара и крила заједно просечна вредност 118.06, а стандардна девијација 26.37 обрта у минути. Крила и центри заједно шутирају са већом ротацијом у односу на бекове;
- просечан упадни угао код бекова 41.50° и стандардна девијација 3.16°; док крила и центри заједно имају просечан упадни угао од 41.66° и стандардну девијацију 2.97°.

Табела 2. Дескриптивна статистика варијабли време трајања избачаја, ротација лопте и угао лансирања за бекове и за крила и центре заједно (остали).

			П	
			Вредности-бекови	Вредности-остали
РТ	M		0.760	0.828
	95% CI of a M	Low. l.	0.702	0.766
		Up. l.	0.818	0.89
	5% trimmed M		0.763	0.828
	σ^2		0.008	0.016
	SD		0.091	0.128
	Min.		0.595	0.56
	Max.		0.881	1.096
РБ	M		100.941	118.057
	95% CI of a M	Low. l.	84.268	105.346
		Up. l.	117.615	130.769
	5% trimmed M		101.1623	117.769
	σ^2		688.658	695.539
	SD		26.242	26.373
	Min		51.85	71.1
	Max		146.05	170.2
уу	M		41.495	41.663
	95% CI of a M	Low. l.	39.488	40.232
		Up. l.	43.503	43.093
	5% trimmed M		41.637	41.592
	σ^2		9.979	8.809
	SD		3.159	2.968
	Min		35	37.35
	Max		45.45	47.25

Легенда: П – позиција; РТ – време трајања избачаја; РБ – ротација лопте; УУ – упадни угао; М – аритметичка средина; 95% CI of a M – 95% интервал поузданости аритметичке средине; 5% trimmed M – 5% trimmed аритметичка средина; σ^2 – варијанса; SD – стандардна девијација, Min – минимум; Max – максимум; Low. l. – доња граница; Up. l. – горња граница.

У табели 3 је приказана статистика Левеновог теста (Levene's test) за време трајања избачаја $F = 0.868$ (sig. = 0.356), ротацију лопте $F = 1.601$ (sig. = 0.212), и угао лансирања $F = 0.369$ (sig. = 0.546).

На основу резултата Левеновог теста може се закључити да нема статистички значајних разлика између бекова и осталих играча у доследности посматраних кинематичких параметара.

Табела 3. Резултати Левеновог теста за постављене хипотезе

Варијабле		Левенов тест једнакости варијанси	
		F	Sig.
РТ	Препостављена једнакост варијансе	0.868	0.356
	Непретпостављена једнакост варијансе		
РБ	Препостављена једнакост варијансе	1.601	0.212
	Непретпостављена једнакост варијансе		
ЛА	Препостављена једнакост варијансе	0.369	0.546
	Непретпостављена једнакост варијансе		

ДИСКУСИЈА

На основу статистичке анализе показано је да нема статистички значајне разлике у диспаритету резултата, односно, другим речима у добијеним варијансама, између бекова и осталих играча. Може се закључити да се бекови не разликују од крила и центара у конзистентности извођења шутева у погледу времена трајања избачаја, ротације лопте и угла лансирања. Ови резултати упућују на то да смо тестирали играче који, у односу на њихов узраст, играју на високо квалитетном нивоу; са дугим стажом, што подразумева „велику количину“ тренинга и понављања. Са одређеним бројем понављања играчи аутоматизују одређена кретања, која самим тим доводе до усвајања моторних програма за извођење шута у кошарци. Зато играчи увек изводе шутеве на (мање или више) сличан начин, без обзира на позицију играча на кошаркашком терену.

Статистичком анализом утврђена је велика варијабилност параметра ротација лопте између играча као и између шутева истог играча. Претпостављамо да је кинематички параметар ротације лопте један од најосетљивијих параметара који показује недоследност извођења. Са становишта доследности шут је сложен технички елемент и доследно га могу изводити само најбољи шутери. Конзистентност би се вероватно

могла постићи након великог броја идентичних понављања и усредсређењем на прегibaње зглоба шаке.

Већина шутева је изведена испод упадног угла од 42° . Упадни угао је последица угла избачаја који се мења са променом удаљености од обруча и висине избачаја. Већи угао избачаја, заједно са брзином избачаја и висином избачаја, омогућава вишу путању (криву) лопте и самим тим већи упадни угао. Са већим упадним углом већа је вероватноћа погодка јер је виртуелна пројекција обруча већа. Међутим, Ерчуљ и Супеј (Erčulj, & Supre, 2006) су показали негативну страну повећања упадног угла. Са већим упадним углом пут лопте до коша је већи тако да је теже задржати прецизност. Додајмо, да шут са већим упадним углом захтева и већу брзину и већу силу. То онда повећава вероватноћу већег броја грешака. Верујемо да је упадни угао између 42 и 48 степени, код шутева за три поена, близу оптималног угла, иако код већине играча (без обзира на њихову позицију у игри) то није био случај. Са мањим углом мања је вероватноћа постизања поготка.

Ротација лопте је последица избачаја. Приликом избачаја зглоб шаке се савија, омогућавајући ротацију лопте. Мања сила произведена акцијом флексора зглоба шаке је очекивана када се баца предмет мале тежине (Zatsiorsky, 2000), јер су ови мишићи део мање мишићне групе која производи мању силу у односу на друге, веће мишићне

групе, упркос максималном напрезању због изостанка истезања пре контракције (ексцентричне и концентричне мишићне контракције). Задатак флексора шаке је да извршавају фине корективне покрете. Верујемо да је ротација лопте мање важна од других кинематичких параметара, јер она не даје никакву додатну, продужену силу која би могла да има утицај на криву лета лопте или на сам погодак (Сатти, 2004). Ротација је углавном важна код шутева где лопта најпре погађа обруч.

Важно је да време трајања избачаја лопте буде кратко, односно да нема сувишних покрета при извођењу шута. На основу статистичке анализе показано је да је већина шутева изведена изван процењеног интервала времена избачаја. Док избацују лопту, играчи очигледно изводе сувишне покрете, посебно покрете руку при пријему (хватању) лопте; бацање се не врши течно и већ се у појединим тачкама зауставља кретање лопте. Сваки сувишан покрет или споро извођење шута спречава нападача да ефикасно изведе шут, док одбрамбеним играчима омогућава успешну одбрану.

ЗАКЉУЧАК

Резултати истраживања показују да се не може говорити о разликама у доследности кинематичких параметара шута између бекова и осталих играча. Показано је да се већина шутева не налази унутар процењених, препоручених, интервала упадног угла – они се дешавају под углом већим од 42°; да већина шутева нису изведени у препорученом интервалу ротације лопте, те да овај кинематички параметар има високу варијабилност; као и да се већина шутева не изводи у препорученом интервалу времена трајања избачаја.

На основу резултата истраживања поставља се питање/дилема: да ли је произвођач мерног система на одговарајући начин дефинисао интервале наведених параметара, или се проблем налази у самом извођењу шутева од стране испитиваних играча? За прецизније и детаљне анализе дефинисаних интервала предлажемо мерења шутева код већег броја најбољих кошаркаша сениора и већег броја младих кошаркаша различитих узрасних доби. На основу даљих мерења можда ће се појавити потреба за редефинисањем критеријума горе поменутих кинематичких параметра и то одвојено, у складу са различитим старосним групама кошаркаша.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brancazio, P.J. (1981). Physics of basketball. *American Journal of Physics* 49, 356-365.
2. Crowley, M. (2011). Monitoring of physical training events. USA: Info Motion Sports Technologies, Inc., Attleboro, MA. Retrieved from <http://www.toyinvention.com/toy-patents/pat8540560.pdf>.
3. Dierks, T.A., & Davis, I. (2007). Discrete and continuous joint coupling relationship in uninjured recreational runners. *Clinical Biomechanics*, 22(5), 581-591.
4. Erčulj, F., Marković, M. & Boder, Ž. (2014). Application of the 94Fifty® technology for establishing certain kinematic parameters of a throw at the basket. *Šport*, 62(1/2), 57-62.
5. Erčulj, F., & Supej, M. (2006). Impact of fatigue on shot accuracy over a longer shooting distance in basketball. *Šport*, 54(4), 22-26.
6. Fitts, P.M., & Posner, M.I. (1967). *Human performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole.
7. Fleming, D. (4.2. 2014). Sports' perfect 0,4 second. *ESPN The Magazine*. Retrieved 1.4.2014, from http://espn.go.com/nba/story/_/id/10703246/golden-state-warriors-stephen-curry-reinventing-shooting-espn-magazine.
8. Fontella, J.J. (2006). *The Physics of basketball*. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.
9. Jackson, R. (2003). Pre-Performance Routine Consistency: Temporal Analysis Of Goal Kicking In Rugby Union World Cup. *Journal of Sports Sciences*, 21, 803-814.

10. Karalejić, M., & Jakovljević, S. (2008). *Teorija i metodika košarke* [Theory and methods of basketball. In Serbian]. Belgrade: Faculty of Sport and Physical Education Belgrade.
11. Lonsdale, C., & Tam, J. (2007). On the Temporal and Behavioral Consistency of Pre-Performance Routines: An Intra-Individual Analysis of Elite Basketball Players' Free Throw Shooting Accuracy. *Journal Of Sports Sciences*, 26, 259-266.
12. Miller, S., & Bartlett, R. (1993). The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of Sport Science*, 11, 185-293.
13. Okazaki, V.H.A., Rodacki, A.L.F., Dezan, V.H., & Sarraf, F. A. (2006) in the Okazaki, V. H. A., Okazaki, F. H. A., Lima, E. S. & Kopp, N. (2008). Basketball shoot and players height. *The FIEP Bulletin*, 78, 627-630. Retrieved from https://www.google.si/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&es_th=1&ie=UTF-8#q=Basketball%20Shoot%20and%20Players%20Height.
14. Robins, M.T., Wheat, J., Irwin, G., & Bartlett, R. (2006). The effect of shooting distance on movement variability in basketball. *Journal of Human Movement Studies*, 50, 217-238.
15. Rojas, F.M., Cepero, M., Onă, A., & Gutierrez, M. (2000). Kinematic adjustments in the basketball jump shot against an opponent. *Ergonomics*, 43(10), 1651-1660.
16. Satti, S. (2004). The Perfect Basketball Shot. Retrieved from <http://coachjacksonspages.com/drillsl-Baschet.pdf>.
17. *Science of Arc-ology: 50 Years of Free Throw Practice in No Help*. ARCU: Mastering the Arc of Shooting. Retrieved 30.3.2015, from <http://www.arcu.ca/p/science-of-arc-ology.html>.
18. Stergiou, N., Harbourne, R.T., & Cavanaugh, P.T. (2006). Optimal movement variability: a new theoretical perspective for neurologic physical therapy. *Journal of Neurological Physical Therapy*, 30, 120-129.
19. Tang, W.T., & Shung, H.M. (2005). Relationship between isokinetic strength and shooting accuracy at different shooting ranges in Taiwanese elite high school basketball players. *Isokinetics and Excercise Science*, 13, 169-174.
20. *Official Basketball Rules 2014*. (27. 9. 2014). KZS. Retrieved 27.9.2014, from http://www.kzs.si/fi-leadadmin/user_upload/dokumenti3/Tekmovalni_sistemi/19_8_2014_Pravila_2014_KZS.pdf.
21. Zatsiorsky, V. M. (2000). *Biomechanics in sport: performance enhancement and injury prevention*. Oxford: International Olympic Committee. Retrieved from https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CDYQ-FjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fprofile%2FAndrei_Vorontsov%2Fpublication%2F229746875_Resistive_Forces_in_Swimming%2Flinks%2F00b7d52d7b6cb226ef000000.pdf&ei=9b_vVM2zHsuAPIyogZgG&usq=AFQjC-NGKCAP5eD1CMZwF0qeGQ6fOqgZpRQ&sig2=g6LAviR_dJdKkKH3dNuSPg&bvm=b-v.86956481,d.ZWU.

BESTIMMUNG OPTIMALER WERTE EINZELNER KINEMATISCHER PARAMETER FÜR DREIPUNKTEWÜRFE IM BASKETBALL UNTER ANWENDUNG DER 94FIFTY-TECHNOLOGIE

Zusammenfassung

Mit Hilfe der 94Fifty-Technologie wurde der Dreipunktewurf analysiert. Wir versuchten festzustellen, ob sich die Mehrzahl der Korbwürfe in den, von den Herstellern der Messsysteme empfohlenen und geplanten Intervallen des Einfallswinkels des Balles, der Ballrotation und der Dauer des Ballwurfs befinden. Unsere Absicht war es ebenfalls, die Konsistenz der angegebenen Parameter zwischen Backcourt-Spielern und Spielern auf anderen Positionen zu erkunden. Die Hypothesen wurden am Muster von 52 Basketball-Spielern im Alter von 18 und 19 Jahren getestet. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass bei der Mehrzahl der Würfe aus dem Drei-Punkte-Feldkorb-Bereich (6,75 m) der Einfallswinkel mehr als 42° beträgt, sich aber nicht im empfohlenen Intervall (zwischen 42° und 48°) befindet; dass die Mehrzahl der Würfe nicht im empfohlenen Intervall der Ballrotation (von 130 bis 150 Drehungen pro Minute) erscheint; sowie dass die Mehrzahl der Würfe nicht im eingeschätzten Intervall der Dauer des Ballwurfs (< 0,7 Sekunden) erscheint. In Bezug auf die Konsistenz der angegebenen Parameter wurden keine Unterschiede zwischen den Backcourt-Spielern und Spielern auf anderen Positionen festgestellt. Auf Grund der Ergebnisse stellt sich die Frage, ob der Hersteller des Messsystems die Intervalle der angegebenen Parameter entsprechend gestaltet hat oder ob das Problem bei den ausgesuchten Spielern und ihren Korbwürfen zu suchen ist?

Schlüsselwörter: BASKETBALL / EINFALLSWINKEL / BALLROTATION / DAUER DES BALLWURFS

Рад је реализован у оквиру пројекта „Одређивање структуре моторичких способности и кретања младих словеначких и српских кошаркаша“, број 451-03-3095/2014-09/64; пројекат билатералне сарадње Србије и Словеније, циклус 2014-2105., који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и Министарства просвете, науке и спорта Републике Словеније.

Примљено: 24.04.2015.
Прихваћено: 12.05.2015.

¹Luka Dobovičnik²Saša Jakovljević¹Vinko Zovko¹Frane Erčulj

796.323.015.8

Original scientific paper

¹University of Ljubljana, Faculty of Sport, Slovenia²University of Belgrade, Faculty of Sport and Physical Education, Serbia

DETERMINATION OF THE OPTIMAL CERTAIN KINEMATIC PARAMETERS IN BASKETBALL THREE-POINT SHOOTING USING THE 94FIFTY TECHNOLOGY

Abstract

With the help of the 94Fifty technology we were able to analyze the three-point shot. We were curious to know whether the majority of the shots are recommended by the manufacturer of the measuring system and carried out in preplanned intervals of entry angles, the rotation of the ball, and the release time of the ball, and we wished to find out the consistency of the aforementioned parameters between the guards and other players. The hypotheses were tested on a sample of 52 great male basketball players, aged 18 and 19. We deducted that most of the shots from the distance of 6.75 m occur under a entry angle greater than 42°, but not in the estimated interval (between 42° and 48°); that most of the shots do not occur in the estimated interval of the rotation of the ball (from 130 to 150 revolutions/minute); and that most of the shots do not occur in the estimated interval of the release time (< 0.7 seconds). When it comes to the consistency of the before mentioned parameters we did not find any discrepancies between the guards and other players. Based on the results a question arises: did the manufacturer of the measuring system adequately form the intervals of the aforementioned parameters or does the problem lie in the performance of the shots by the chosen players?

Key words: BASKETBALL / ENTRY ANGLE / ROTATION OF THE BALL / RELEASE TIME

INTRODUCTION

A basketball shot is a key technical element in the basketball that is in line with the rule from the official regulations of the basketball, stating: "The team that has scored the greater number of points at the end of playing time shall be the winner" (Official Basketball Rules, 2014). The most commonly performed shot is a jump shot, which constitutes over 40 percent of all the points in a game (Tang, & Shung, 2005).

In modern-day basketball it is important to deliver a quick and efficient shot. Besides the length of the throw, the shooting time also depends on the speed. The movement performed by the shooting hand and

the ball differs in speed. The stagnation of the ball can also affect the time of the shot's performance. Stagnation of the ball means that the ball is at some point standing still, which indicates that the length of the shot and the speed of the ball remain unchanged (null) in a certain time frame. Stagnation can occur in any point from the reception of the ball to its release. A quickly performed basketball shot is done with no excessive movements, which is a consequence of mastering the correct techniques of the throw. Fontella (2006) and Fleming (2004) state that the best shooters perform the shot in 0.65 seconds or less.

The criterion of an efficient shot in basketball is the passing of the ball through a hoop, which is called a field goal. A greater entry angle signifies a greater apparent projection of the hoop, which is defined as the relative area of the hoop, perpendicularly to the direction of the thrown ball that determines the percentage of the scores (Miller, & Bartlett, 1993). Practice shows that the best entry angle revolves around 45° (Science of arcology, 2015). Crowley (2011) writes that the optimal entry angle is somewhere between 42° and 48°. The entry angle is directly connected to the angle of release (Brancazio, 1981) that changes with the distance from the hoop (Okazaki, & Rodacki, 2012), the height of the release, and the presence of the defensive player (Rojas, Capero, Onă, & Gutierrez, 2000). In practice, the angle of release from a shorter distance ranges from 48° to 55° and from a longer distance 44° to 52° (Miller, & Bartlett, 1993).

When talking about the kinematic parameters of the shot Miller and Bartlett (1993) believe that an optimal combination of the kinematic parameters is important for a successfully performed shot. One of the kinematic parameters of the shot is also the rotation of the ball, which, according to Satti (2004), has no direct influence on the field goal itself, while Karalejić and Jakovljević (2008) claim that it is important with the shots when the ball hits the hoop or the board too soon. The rotation of the ball usually occurs in the opposite direction of the shot with the frequency 3 Hz or in other words with the speed up to 2 m/s. With the shots that last 1 second the ball revolutions 1.25 to 3 times (Satti, 2004).

Besides the optimal combination, the consistency of the three aforementioned kinematic parameters (entry angle, release time, rotation of the ball) is also of importance. The variability of these parameters with different throws by the same player is smaller if the player is throwing the ball under unchanged conditions (the same technique of the throw, the same distance, without him being obstructed by the defensive player, etc.); that is if the player is capable of shooting in a way that makes the mentioned parameters as constant as possible. From a practical point of view the variability in the technique of movement is often seen as the base to distinguish between the more and the less experienced (successful) athletes since it represents the stability of the movement pattern (Fitts, & Posner, 1967).

However, there exist other theories. For example, Stergiou, Harbourne and Cavanaugh (2006) talk of the optimal movement variability. This approach sees variability as a function that determines a successful technique (Robins, et al., 2006) or as an optimal deviation that still indicates the right technique (Dierks, & Davis, 2007; Stergiou, et al., 2006). Certain studies do exist that loosely examine the pattern of behavior on performance in sports. The most striking ones are the study by Lonsdale and Tam (2007), examining professional basketball players while performing free throws, and the study by Jackson (2003), researching free kicks in rugby. Lonsdale and Tam established that the players were 10% less efficient when they changed their predominant pattern of behavior before performing a free throw. The study carried out by Jackson (2003) showed that the concentration time was bigger before performing a more difficult kick. Jackson (2003) concluded that when it comes to variability while performing more difficult kicks, we can also find variability in the pattern of behavior. Both researches study the consistency of performance in a different way.

This article focuses on the basketball three-point shot (6.75 m), where we used the so-called smart ball (94Fifty) to examine three vital kinetic parameters of the movement of the ball (release time, rotation of the ball, entry angle). It is a renowned measuring technology that is becoming more and more established and used in basketball practice. We mainly wish to find out the percentage of the throws that were performed within the limits of the intervals of the three mentioned kinematic parameters that the manufacturer of the measuring device defined as ideal.

METHOD

The research included seven Serbian club basketball teams (BC Cerak, BC FMP, BC Beovuk, BC Red Star, BC Zemun and BC Partisan - all from Belgrade, and BC Criss Cross from Pancevo) and the Serbian national basketball team U20. The research therefore included 52 male basketball players, born in the years 1996 and 1995 and, in the time of the measurements, 18 and 19 years of age ($M = 18.43$;

SD = 0.50), with the average height of 195.62 cm (SD = 9.24), and with the average weight of 86.99 kg (SD = 11.17). Players involved in the research were divided into three groups/types, according to their position: guard, forward, and center. The group of guards was represented by all the point guards and tall guards (type 1 and 2). The group of forwards was composed of all the researched players that occupy the forward position (type 3). The group of centers consisted of the players in the position of a power forward and center (type 4 and 5).

In our research we used the products of the company ©Infomotion Sports Technologies: the 94Fifty basketball, so-called smart sensor basketball, and the application 94Fifty. The ball is the recipient of the force that is applied by the basketball player while shooting or dribbling. There are 6 inertial motion sensors measuring the movement. The inner sensors are programmed to recognize the forces that the player produces on the ball. The sensors are connected to the 94Fifty App (©Infomotion Sports Technologies) through Bluetooth, enabling the connection between the ball and the application as well as the transfer of the obtained information to the application (Crowley, 2011). The basketball has its own speed and force in the act of shooting. With the help of the sensors in the ball and the well-defined algorithms we can measure all the parameters while shooting the basketball through a hoop; the parameters that are more important for scoring, according to Miller and Bartlett (1993) (Erčulj, et al., 2014). The application enables the display of information that the inertial motion sensors detect in the basketball and then send through the transmitter in the ball to the application on the device. The application enables us to choose only certain parameters of the throw at the same time; the release speed (*Shot Speed*), the entry angle (*Shot Arc*), a simultaneous representation of the release speed and the entry angle (*Shot Speed + Arc*), and the rotation of the ball (*Shot Backspin*). A more detailed description of the 94Fifty technology was done by Erčulj and associates (2014).

For our experiment we chose the three-point shot from the spot after a pass or after receiving a pass from the central guard position. Each player got 2 series of 20 shots. Before the beginning of the assignment the players carried out anthropometric measurements, then they had 7 minutes to individually warm up shooting the basketball, and afterwards they had 3 minutes to stretch. The players were thoroughly introduced to the assignment before its execution: the player who is being monitored stands in the offense position – the triple threat (bended in the ankle, knee, and hip joint; looking straight at the basketball hoop; standing shoulder width apart, with both feet on the ground). The player's task is to receive the ball and then make a shot as soon as possible, as he would in competitive conditions, and making sure that his percentage of field goals is at its highest. After a detailed description of the assignment each player was given 3 experimental throws.

The kinematic parameters of the shot were acquired with the help of a basketball and the 94Fifty App (©Infomotion Sports Technologies).

Table 1. Kinematic parameters of the shot

Variable	Variable's description	Unit
RT	Release time	Seconds (s)
EA	Entry angle	Degrees (°)
RB	Rotation of the ball	Revolutions per minute

The manufacturer of the measuring system specified the following recommended/ideal intervals of the kinematic parameters (shown in green on Picture 1) that we ourselves have also taken into account in our research:

- release time (< 0.7 s);
- entry angle (from 42° to 48°);
- rotation of the ball (from 130 to 150 revolutions/min).

Picture 1. Intervals of the release time, the entry angle and the rotation of the ball

The statistical analysis was carried out with the computer software package SPSS 21 (©IBM) for the Windows 7 operating system (©Microsoft). What is shown are the basic descriptive statistics. The analysis of the predetermined intervals includes 1020 shots while analyzing the ball's rotation and 1040 shots while analyzing the entry angle and the release time. The data was ranked, shown in a ranking line from lowest to highest, while we calculated how many shots were performed inside and how many outside the predetermined intervals. The limit of the majority was set at more than 50%. To analyze the consistency of kinematic parameters between the guards and the rest of the players we used Levene's test, where we tested the differences in the dispersion.

RESULTS

Pictures 2, 3 and 4 depict the data on the number of performed shots in predetermined intervals of the entry angle, rotation of the ball, and the release time as well as the number of shots below and above the limits.

Picture 2 shows that 503 shots (48.37%) were performed in the predetermined interval of the entry angle, 515 shots (49.52%) were performed below the limit, and 22 shots (2.12%) above it. Since 22 shots (2.12%) were performed under a larger entry angle, we can determine that a good half of all the throws was performed under a entry angle over 42°.

Picture 2. The number of performed shots in the predetermined interval of the entry angle. Inside the 42° to 48° interval (middle column), below the limit (left column), and above the limit (right column).

Picture 3 illustrates that 166 shots (16.27%) were performed in the predetermined interval of the rotation of the ball, 699 shots (68.53%) were performed below the limit, and 155 shots (15.20%) above it. We can see that 854 shots (83.73%) were performed outside the limits, while only 166 shots (16.27%) were performed inside them.

Picture 3. The number of performed shots in the predetermined interval of the rotation of the ball. Inside the interval of 130 to 150 revolutions per minute (middle column), below the limit (left column), and above the limit (right column).

Picture 4 shows that 260 shots (25.00%) were performed in the predetermined interval of the release time, while 780 shots (75.00%) were performed outside the interval.

Picture 4. The number of performed shots in the predetermined interval of the release time, within the limit < 0.7 seconds. Inside the limit (left column) and outside the limit (right column).

Table 2 indicate the descriptive statistics for the variables of release time, rotation of the ball, and entry angle for the guards and for the forwards and centers. The tables tell us that:

- the guards have an average release time of 0.76 seconds and a standard deviation of 0.091 seconds; and that the forwards and centers together have an average time of 0.83 seconds and a standard deviation of 0.13 seconds. Guards have on average a narrower span of results, a lower standard deviation, and a smaller variance than forwards and centers which could point to the fact that guards represent a more homogenous group when it comes to release time.
- the guards have an average rotation of the ball of 100.94 revolutions per minute and a standard deviation of 26.24 revolutions per minute; and that the forwards and centers together have an average rotation of the ball of 118.06 revolutions per minute and a standard deviation of 26.37 revolutions per minute. Forwards and centers together have on average a somewhat larger rotation of the ball than the guards.
- the guards have an average entry angle of 41.50° and a standard deviation of 3.16°; and that the forwards and centers together have an average entry angle of 41.66° and a standard deviation of 2.97°.

Table 2. Descriptive statistics for the variables of release time, rotation of the ball and entry angle for the guards and for forwards and centers together (others)

			P	
			Value guards	Value others
RT	M		0.760	0.828
	95% CI of a M	Low. l.	0.702	0.766
		Up. l.	0.818	0.89
	5% trimmed M		0.763	0.828
	σ^2		0.008	0.016
	SD		0.091	0.128
	Min.		0.595	0.56
	Max.		0.881	1.096
RB	M		100.941	118.057
	95% CI of a M	Low. l.	84.268	105.346
		Up. l.	117.615	130.769
	5% trimmed M		101.1623	117.769
	σ^2		688.658	695.539
	SD		26.242	26.373
	Min		51.85	71.1
	Max		146.05	170.2
EA	M		41.495	41.663
	95% CI of a M	Low. l.	39.488	40.232
		Up. l.	43.503	43.093
	5% trimmed M		41.637	41.592
	σ^2		9.979	8.809
	SD		3.159	2.968
	Min		35	37.35
	Max		45.45	47.25

Legend: P – position; RT – release time; RB – rotation of the ball; EA – entry angle; M – arithmetic mean or average; 95% CI of a M – 95% confidence interval of the mean; 5% trimmed M – 5% trimmed arithmetic mean or average; σ^2 – variance; SD – standard deviation, Min – minimum; Max – maximum; Low. l. – lower limit; Up. l. – upper limit.

Table 3 depicts the test statistics of Levene's test for the release time $F = 0.868$ (sig. = 0.356), the rotation of the ball $F = 1.601$ (sig. = 0.212), and for the entry angle $F = 0.369$ (sig. = 0.546). Based on the results of Levene's test, we can claim with 5% accuracy that,

with a consistent execution of kinematic parameters of release time, rotation of the ball, and entry angle, there are no statistically significant differences between the guards and other players.

Table 3. Test statistics of Levene's test for the hypotheses

Variables		Levene's Test for Equality of Variances	
		F	Sig.
RT	Equal variances assumed	0.868	0.356
	Equal variances not assumed		
RB	Equal variances assumed	1.601	0.212
	Equal variances not assumed		
EA	Equal variances assumed	0.369	0.546
	Equal variances not assumed		

Legend: RT – release time; RB – rotation of the ball; EA – entry angle.

DISCUSSION

Based on a statistical analysis we discovered that there are no statistically significant differences in the disparity of results, or in other words in the results' variances, between the guards and other players. Based on that we can conclude that the guards do not differ from the forwards and centers in the consistency of performing the shot in the sense of release time, rotation of the ball, and entry angle. These results can be contributed to the fact that we tested players who, based on their age group, play on a high quality level; players with seniority, which consequently means a lot of basketball practice and a lot of repetition. With a certain number of repetitions players automatize a certain movement, which consequently leads to the acquisition of the motor program for the performance of the basketball shot. That is why they always perform their shots in a (more or less) similar manner, despite their position on the basketball court.

With the statistical analysis we discovered there is a great parameter variability of the ball's rotation between the players as well as between different shots of the same player. We assume that the kinematic parameter of the rotation of the ball is one of the more sensitive parameters, which shows in the inconsistency of the performance. From the point of view of consistency it is a more complicated technical

element of the shot and is consistently performed only by the best shooters. Consistency could probably be achieved after a large number of identical repetitions and a precise focus on the bending of the wrist.

Most of the shots in the research were performed under an entry angle of 42°. The entry angle is a consequence of the release angle that changed with the distance from the basketball hoop and the release height. A larger release angle, together with the release speed and the release height, enables a higher flight of the ball (curve) and consequently a larger entry angle. With a larger entry angle the probability of a field goal is higher since the virtual projection of the hoop is greater with a larger entry angle. However, Erčulj and Supej (2006) show a negative side of increasing the release angle. With a larger release angle the distance that the ball makes from the release to the hoop is longer so it is harder to maintain accuracy. Let us also add that the performance of a shot with a larger release angle requires faster speed and consequently also larger force. However, with all the movements performed with larger force and faster speed there is consequently a probability of a higher number of mistakes. We believe that the entry angle between 42 and 48 degrees, when performing a three-point shot, is close to the optimal angle, although the greater part of our observed players (no matter their position) did not match that criterion. With a smaller angle, the possibility of a field goal is smaller.

The rotation of the ball is the consequence of the release. With the release the wrist is bended, enabling the basketball's rotation. A small amount of the produced force from the part of the wrist flexors is expected when throwing a lighter load (Zatsiorsky, 2000) since the wrist flexors form a part of a smaller muscle group that produces a smaller amount of force compared with other larger muscle groups, despite the maximum strain that is due to the lack of preliminary stretching before contractions (eccentric and concentric muscle contractions). The task of wrist flexors is executing fine corrective movements. We believe that the rotation of the ball is less important than other kinematic parameters since rotation does not provide any additional larger forces that could in any bigger way influence the curve of the ball's flight or the score itself (Satti, 2004). Rotation is mostly important with shots where the ball prematurely hits the hoop.

With the release time it is important that it is short or, in other words, that there are no excessive movements with the release of the ball. Based on the statistical analysis we discovered that the majority of the shots are performed outside of the estimated interval of the release time. While throwing the basketball, the players apparently make excessive movements, especially hand movements when receiving the ball; the throw is not performed smoothly and there is stopping of the motion in certain points. Every excessive movement or a slow execution of the shot prevents the offensive players to efficiently perform the shot, while it enables the defensive players a successful defense.

CONCLUSION

The results of the research show us that we cannot talk of differences in the consistency of kinematic parameters of the shot between the guards and the other positions. We discovered that the majority of the shots do not occur inside the estimated interval of the entry angle – they occur under an angle larger than 42°; that the majority of the shots are not executed in the estimated interval of the rotation of the basketball and that this kinematic parameter has a high variability; and that the majority of the shots are not performed in the estimated interval of the release time.

Based on the results of the research we are faced with a question/dilemma: did the manufacturer of the measuring system appropriately define the intervals of the aforementioned parameters or is the problem to be found in the performance of the shots from the side of the observed players? For a more accurate and detailed analysis of the defined intervals we suggest measurements based on a larger number of the best senior basketball players and a larger number of basketball players from a younger age groups. On the basis of further measurements there might arise the need to redefine the criteria of the three aforementioned kinematic parameters separately, according to the different age groups of the basketball players.

REFERENCES

1. Brancazio, P. J. (1981). Physics of basketball. *American Journal of Physics* 49, 356-365.
2. Crowley, M. (2011). Monitoring of physical training events. USA: Info Motion Sports Technologies, Inc., Attleboro, MA. Retrieved from <http://www.toyinvention.com/toy-patents/pat8540560.pdf>.
3. Dierks, T. A. & Davis, I. (2007). Discrete and continuous joint coupling relationship in uninjured recreational runners. *Clinical Biomechanics*, 22(5), 581-591.
4. Erčulj, F., Marković, M. & Boder, Ž. (2014). Application of the 94Fifty® technology for establishing certain kinematic parameters of a throw at the basket. *Šport*, 62(1/2), 57-62.
5. Erčulj, F. & Supej, M. (2006). Impact of fatigue on shot accuracy over a longer shooting distance in basketball. *Šport*, 54(4), 22-26.
6. Fitts, P. M. & Posner, M. I. (1967). *Human performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole.

7. Fleming, D. (4.2. 2014). Sports' perfect 0,4 second. *ESPN The Magazine*. Retrieved 1.4.2014, from http://espn.go.com/nba/story/_/id/10703246/golden-state-warriors-stephen-curry-reinventing-shooting-espn-magazine
8. Fontella, J. J. (2006). *The Physics of basketball*. Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.
9. Jackson, R. (2003). Pre-Performance Routine Consistency: Temporal Analysis Of Goal Kicking In Rugby Union World Cup. *Journal of Sports Sciences*, 21, 803-814.
10. Karalejić, M. & Jakovljević, S. (2008). *Teorija i metodika košarke "Theory and methods of basketball"*. Belgrade; Faculty of sport and physical education Belgrade.
11. Lonsdale, C. & Tam, J. (2007). On the Temporal and Behavioral Consistency of Pre-Performance Routines: An Intra-Individual Analysis of Elite Basketball Players' Free Throw Shooting Accuracy. *Journal Of Sports Sciences*, 26, 259-266.
12. Miller, S. & Bartlett, R. (1993). The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of sport Science*, 11, 185-293.
13. Okazaki, V. H. A., Rodacki, A. L. F., Dezan, V. H. & Sarraf, F. A. (2006) in the Okazaki, V. H. A., Okazaki, F. H. A., Lima, E. S. & Kopp, N. (2008). Basketball shoot and players height. *The FIEP Bulletin*, 78, 627-630. Retrieved from https://www.google.si/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&es_th=1&ie=UTF-8#q=Basketball%20Shoot%20and%20Players%20Height
14. Robins, M. T., Wheat, J., Irwin, G. & Bartlett, R. (2006). The effect of shooting distance on movement variability in basketball. *Journal of Human Movement Studies*, 50, 217-238.
15. Rojas, F. M., Cepero, M., Onä, A. & Gutierrez, M. (2000). Kinematic adjustments in the basketball jump shot against an opponent. *Ergonomics*, 43(10), 1651-1660.
16. Satti, S. (2004). The Perfect Basketball Shot. Retrieved from <http://coachjacksonspages.com/drillslBaschet.pdf>
17. *Science of Arc-ology: 50 Years of Free Throw Practice in No Help*. ARCU: Mastering the Arc of Shooting. Retrieved 30.3.2015, from <http://www.arcu.ca/p/science-of-arc-ology.html>
18. Stergiou, N., Harbourne, R. T. & Cavanaugh, P. T. (2006). Optimal movement variability: a new theoretical perspective for neurologic physical therapy. *Journal of Neurological Physical Therapy*, 30, 120-129.
19. Tang, W. T. & Shung, H. M. (2005). Relationship between isokinetic strength and shooting accuracy at different shooting ranges in Taiwanese elite high school basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 13, 169-174.
20. *Official Basketball Rules 2014*. (27. 9. 2014). KZS. Retrieved 27.9.2014, from http://www.kzs.si/file-admin/user_upload/dokumenti3/Tekmovalni_sistemi/19_8_2014_Pravila_2014_KZS.pdf.
21. Zatsiorsky, V. M. (2000). *Biomechanics in sport: performance enhancement and injury prevention*. Oxford: International Olympic Committee. Retrieved from https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CDYQ-FjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fprofile%2FAndrei_Vorontsov%2Fpublication%2F229746875_Resistive_Forces_in_Swimming%2Flinks%2F00b7d52d7b6cb226ef000000.pdf&ei=9b_vVM2zHsuAPIyogZgG&usg=AFQjC-NGKCAP5eD1CMZwF0qeGQ6fOqgZpRQ&sig2=g6LAviR_dJdKkKH3dNuSPg&bvm=b-v.86956481,d.ZWU

BESTIMMUNG OPTIMALER WERTE EINZELNER KINEMATISCHER PARAMETER FÜR DREIPUNKTEWÜRFE IM BASKETBALL UNTER ANWENDUNG DER 94FIFTY-TECHNOLOGIE

Zusammenfassung

Mit Hilfe der 94Fifty-Technologie wurde der Dreipunktewurf analysiert. Wir versuchten festzustellen, ob sich die Mehrzahl der Korbwürfe in den, von den Herstellern der Messsysteme empfohlenen und geplanten Intervallen des Einfallswinkels des Balles, der Ballrotation und der Dauer des Ballwurfs befinden. Unsere Absicht war es ebenfalls, die Konsistenz der angegebenen Parameter zwischen Backcourt-Spielern und Spielern auf anderen Positionen zu erkunden. Die Hypothesen wurden am Muster von 52 Basketball-Spielern im Alter von 18 und 19 Jahren getestet. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass bei der Mehrzahl der Würfe aus dem Drei-Punkte-Feldkorb-Bereich (6,75 m) der Einfallswinkel mehr als 42° beträgt, sich aber nicht im empfohlenen Intervall (zwischen 42° und 48°) befindet; dass die Mehrzahl der Würfe nicht im empfohlenen Intervall der Ballrotation (von 130 bis 150 Drehungen pro Minute) erscheint; sowie dass die Mehrzahl der Würfe nicht im eingeschätzten Intervall der Dauer des Ballwurfs (< 0,7 Sekunden) erscheint. In Bezug auf die Konsistenz der angegebenen Parameter wurden keine Unterschiede zwischen den Backcourt-Spielern und Spielern auf anderen Positionen festgestellt. Auf Grund der Ergebnisse stellt sich die Frage, ob der Hersteller des Messsystems die Intervalle der angegebenen Parameter entsprechend gestaltet hat oder ob das Problem bei den ausgesuchten Spielern und ihren Korbwürfen zu suchen ist?

Schlüsselwörter: BASKETBALL / EINFALLSWINKEL / BALLROTATION / DAUER DES BALLWURFS

The study was carried out within the framework of the project „Determination of the structure of motor skills and movement of young Slovenian and Serbian basketball players” No. 451-03-3095 / 2014-09 / 64; Project of bilateral cooperation between Serbia and Slovenia, cycle 2014-2105., which is funded by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia and the Ministry of Education, Science and Sport of the Republic of Slovenia.

Received: 24.04.2015.

Accepted: 10.05.2015.