

Александар Недељковић

796.015.13.2.52
Прегледни чланак / Review paper
Примљено / Received 25/12/2003

Скок у дубину као средство плиометријског метода тренинга за побољшање скочности

DROP JUMP AS AN EXERCISE OF PLYOMETRIC TRAINING METHOD IN MAXIMAL JUMP HIGH IMPROVEMENT

Рад је рађен у оквиру пројекта „Процена мишићне функције на основу моторичких тестова“, руководилац Проф. др Слободан Јарић, кога финансира Министарство за науку и заштиту животне средине.

Физичка култура, Београд, 57/58 (2003-2004) 1-4, стр. 57-68, таб. 1, граф. 2, лит. 60

СКОК У ДУБИНУ / ПЛИОМЕТРИЈА / ПОВРАТНИ РЕЖИМ / ОПТИМАЛНА / АМОРТИЗУЈУЋИ / РЕАКТИВНИ / СТРУКТУРА МИШИЋА

Одвек су тренери тражили начин како да брзо и једноставно побољшају скок својих спортиста. Радови Верхошанског су им понудили један нови вид тренинга који се састојао из скокова у дубину (СД). СД карактерише повратни режим рада мишића (ПРРМ). Овакав режим рада мишића подразумева да концентричној контракцији, током одскока, претходи брза ексцентрична контракција, приликом припреме за одскок. Истраживања су показала да је скок, изведен на овакав начин, виши од оног, изведеног из положаја чучња, односно када је извршени рад мишића остварен само у концентричном режиму. Још увек нису јасно одређени разлози који доводе до ове појаве, с обзиром на постојање различитих приступа појединих истраживача овом проблему. Велики број студија је истраживао утицај тренинга на побољшање максималне висине скока, приликом извођења СД. Дошло се до закључка да је најисправнији приступ путем прогресивног оптерећења спортисте. Да би се то постигло на најбољи могући начин, потребно је одредити оптималну висину са које се СД изводи. Такође је од значаја и техника извођења, односно да ли се доскок врши покретом већих или мањих амплитуда, са дужим или краћим задржавањем на тлу. Поред два наведена и низ других фактора утиче на ефикасност СД, о чему тренери морају водити рачуна приликом конструисања програма тренинга. Закључено је да овај метод тренинга представља ефикасно средство за побољшање максималне висине скока. Неистражени простори на које се у овом раду указује су механизам ПРРМ, као и утицај тренинга у случају примене различитих техника СД. Остаје нејасан и утицај структуре мишића на ефекте тренинга.

Fizička kultura, Beograd, 57/58 (2003-2004) 1-4, p. 57-68, tab. 1, graph. 2, ref. 60

DROP JUMP / PLYOMETRY/ STRETCH REFLEX / OPTIMAL / AMORTISING/ REACTIVE / MUSCULAR STRUCTURE

The coaches have searched for ever a way to improve easily and rapidly the jumping ability of their athletes. The works of Verkhoshanski offered them a new aspect of training consisting of drop jumps. These drop jumps are characterized by the stretch reflex of muscular work. Such a reflex of muscular work understands that the concentric contraction during the rebound is preceded by a rapid eccentric contraction while preparing for the rebound. The researches proved that a jump performed this way is higher than the one performed from the squat position, i.e. when the performed muscular work is realized only in concentric regime. Still the reasons that provoke such a phenomenon are not clearly determined, since there are different approaches of certain researchers to this problem. Great number of studies researched the influence of training on improvement of maximal height of the jump while performing drop jump. It was concluded that the most correct approach is by progressive loading of athletes. In order to gain that in the best way it is necessary to determine the optimal height for the performance of the drop jump. It is also significant to choose the technique of performance, i.e. whether the drop jump is done by movement of greater or smaller amplitudes, with longer or shorter stay on the ground. Besides the aforesaid factors there are other than influence the efficiency of drop jump which have to be taken into consideration by the coaches when they create the training program. It was concluded that this method of training is an efficient asset for improvement of the maximal jump height. Non-researched areas that are pointed in this paper stretch reflex of muscular work, as well as the influence of training in the case of application of different drop jumping techniques. However, the influence of the muscular structure on the effects of training remains vague.

1. УВОД

У спортовима као што су кошарка и одбојка, али и у многим другим, успех у великој мери зависи од тога колико високо спортиста може да скочи. Дуго је основно

средство тренинга за побољшање скочности било подизање великих терета из дубоког чучња. Међутим, овакав вид тренинга није био у складу са оним што је Верхошански

називао “принципи динамичке повезаности или динамичке прилагођености”. Под тиме се подразумевало да специјализовани тренинг снаге треба да се изабере тако да буде максимално прилагођен основној спортој активности (у овом случају суножном скоку), тј. да буду испуњени услови по питању повезаности, са вредностима јачине која се развија, времена током кога се развија, као и брзине њеног максималног развоја, затим режима рада мишића и коначно амплитуде покрета /50/. У складу са претходно изнесеним принципима Верхошански је још тврдио да, док са једне стране, подизање великих терета значајно побољшава способност максималног испољавања силе, у исто време, са друге стране, смањује брзину њеног развоја и често брзину прелаза из ексцентричног у концентрични режим рада мишића /51/.

Сама појава *плиометријског метода тренинга (ПМТ)* везује се управо за радове Верхошанског из друге половине шездесетих година. Дуго се на западу говорило о “Руском тајном тренингу” који су руски спортисти примењивали и због тога побеђивали на великим такмичењима. Тренери осталих спортиста су се заинтересовали за ову мистерију и започели своје трагање за њеним разрешењем. Кључ је лежао у преводу рада Верхошанског /51/ у коме се налазила описана вежба *скока у дубину (СД)*. Они су тада започели извођење сопствених експеримената, у настојању да идеју овог тренинга додатно развију и унесу у њу своје модификације, како би га учинили ефикаснијим. Од тада па све до данас, овај начин тренинга све више налази своје место у тренажним програмима најразличитијих спортских грана.

Основни циљ овог рада је да се прегледом релевантних истраживања СД овај вид ПМТ додатно приближи, како онима који су заинтересовани за даља истраживања из ове области, тако и онима који су заинтересовани за његову широку примену у пракси. Наравно, преглед резултата истраживања треба да укаже и на све оне аспекте који су од значаја за правилну примену овог метода.

2. ПОВРАТНИ РЕЖИМ РАДА МИШИЋА

*Повратни режим рада мишића (ПРРМ)*¹ подразумева извршење брзе ексцентричне контракције и одмах, након ње, снажне концентричне. Период, између краја ексцентричне и почетка концентричне контракције, карактерише постојање кратке и јаке изометријске контракције и назива се *време спајања*. Да би при концентричној контракцији могли бити искоришћени сви позитивни ефекти претходне ексцентричне контракције, време спајања мора бити довољно кратко. Раније се сматрало да је то период од око 0.15с, међутим, у каснијим истраживањима се дошло до вредности од 0.25с /20/ и 0.37с /55/, док су Wilson и сарадници /56/ у свом истраживању закључили да се неки закаснели ефекти мањег интезитета могу јавити и до 4с.

ПМТ па тако и СД, као најчешће коришћено средство овог метода, карактерише управо овај режим рада мишића. Истраживања су показала да је испитаник у стању да оствари већу максималну висину скока, када извођење скока започне из усправног става и пре самог одскока изведе брзи почучањ, односно изведе скок у условима ПРРМ, тзв. *скок у повратном режиму (СПР)*², поредећи такав скок са оним изведеним у условима само концентричног режима рада мишића, тзв. *скок у концентричном режиму (СКР)*³, који се започиње из положаја получучња /3,34/. Ово важи и у случајевима када је положај који испитаник заузима на почетку фазе одскока код оба скока једнак /2,6/.

Дуги низ година истраживачи су покушавали да открију механизам који доводи до појаве ових разлика. Вођене су бројне полемике о овом питању. Првобитно је владало уверење да до веће ефикасност СПР у односу на СКР, долази услед коришћења енергије еластичне деформација, током концентричне контракције, која се приликом издужења мишића у ексцентричној контракцији, ствара, како у његовом везивном ткиву, тако и пре свега у његовим тетивама /3,19,27/. Веровало се још да поред овог механизма и постојање рефлекса истезања, до којег је долазило услед издужења мишића у ексцентричној контракцији, значајно

доприноси јачој концентричној контракцији код СПР /11,12,13,15,32/.

У новије време истраживачи су почели да доводе у сумњу ова тврђења и да нуде нека алтернативна објашњења. Неки од њих сматрају да је разлог веће ефикасности ПРРМ тај да ексцентрична контракција која претходи концентричној, омогућава мишићу довољно времена да доведе своју активацију на виши ниво, тако да наступајућу концентричну контракцију започне из максималног активационог стања /4,6,16,21,22,49/. Већи ниво иницијалне силе омогућава мишићу да оствари и већи рад током првог дела концентричне контракције /17,38/. На слици 1 су приказане криве сила забележене на платформи силе током извођења СПР и СКР. Јасно се уочава да је достигнути ниво силе на почетку фазе одскока виши код СПР него код СКР. Осенчени део указује на остварени већи рад код СПР, поредећи га са СКР.

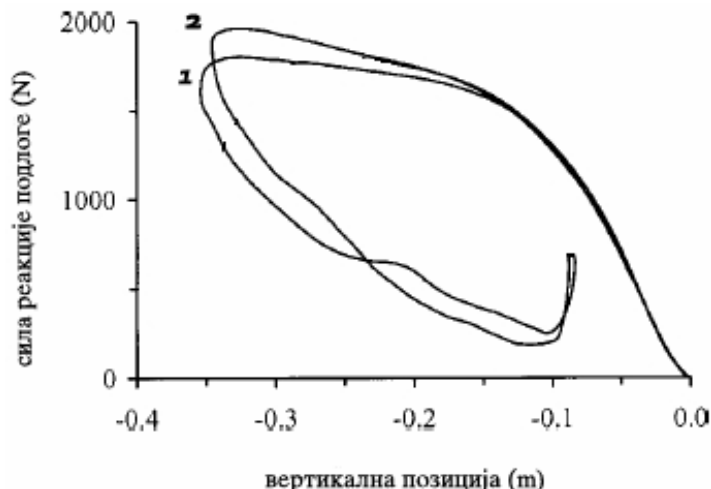
Други сматрају да претходно истезање активног мишића мења особине контрактилног апарата, доводећи до појачаног напрезања споја попречних мостића миозина и актина, односно до појачане крутости самога мишића, што у крајњем доприноси повећању иницијалне

концентричне силе /11,18,29,48/. Истовремено, други истраживачи оспоравају улогу рефлекса истезања, тврдећи да се током ексцентричне контракције истеже цео мишићно-тетивни апарат, док сама мишићна влакна остају исте дужине, или се чак, услед претходно поменутог појачаног напрезања споја попречних мостића миозина и актина, скраћују /5,26,49/.

Даља истраживања би свакако требало да донесу потпунија сазнања о овом феномену. Оно што се чини вероватним је да сваки од претходно наведених механизма, у одређеном садејству са осталим, доприноси мање или више већој ефикасности мишића, приликом рада у повратном режиму. Већина истраживача се слаже у једном, а то је да се сви ови позитивни ефекти ПРРМ додатно повећавају, уколико је брзина ексцентричне контракције већа. То се јасно може видети на слици 2 где су приказане криве сила забележене на платформи силе приликом извођења два СПР различитих брзина, а истих амплитуда покрета. СПР са већом брзином припремног покрета спуштања (ексцентрична контракција) бележи већи достигнути ниво силе на почетку фазе одскока, па је самим тим и извршени рад током прве фазе одскока већи.



Слика 1. Криве сила у односу на позицију коју испитаник заузима током извођења СПР и СКР. Осенчени део представља разлику у извршеном раду. Тачке а и д означавају почетке фазе одскока, а нулта позиција тачку у којој долази до одскока. Слика је преузета из рада Linthorne PN /38/



Слика 2. Криве сила два СПР са различитим брзинама спуштања током припремне фазе скока у односу на позицију коју испитаник заузима: (1) СПР са умереном брзином спуштања, (2) СПР са великом брзином спуштања. Слика је преузета из рада Linthorne PN /38/

Као што је већ на почетку овог поглавља речено СД карактерише ПРРМ. С обзиром да се СД изводи са одређене почетне висине, услед деловања силе гравитације, брзине спуштања, током припремне фазе скока, знатно су веће, па самим тим и силе које се развијају током ексцентричне контракције. Као последица тога и достигнута иницијална сила, на почетку фазе одскока, бележи знатно већи ниво, па је сходно томе и извршени рад већи. Све ово скупа доводи до тога да СД представља изузетно ефикасно средство за тренирање ПРРМ, који карактерише велики број покрета у разним спортовима и свакодневним активностима.

3. ЕФИКАСНОСТ СКОКА У ДУБИНУ КАО ТРЕНАЖНОГ МЕТОДА

Ефикасност СД као тренажног метода процењивана је и доказивана у већем броју различитих студија. У табели 1 приказан је један број студија која су се овом проблематиком бавила у последњих десет година. Сличан преглед у свом раду дао је и Bobbert /10/, али су тада анализи биле подвргнуте студије спроведене до тог периода.

Први закључак који се из табеле 1 може извући је да је СД као примењени тренажни метод значајно повећао висину скока у свим студијама изузев у студији Young-а и сарадника /60/, у којој није било значајних побољшања. С обзиром на разлике у величини добијених побољшања, претпоставка је да неке од променљивих, приказаних у табели, могу значајно утицати на постојеће разлике. Како су студије у табели поређане у односу на просечна побољшања висине скока, добијена код различитих група испитаника, студије с врха табеле указиваће на мања побољшања, а оне са дна на већа. Посматрано у односу на дужину примењеног тренинга, уочавамо да ова променљива и није од пресудног значаја, односно да је за нека значајнија побољшања сасвим довољно 6 – 8 недеља специфичног тренинга. Следећу променљиву представља недељни број тренинга, где се такође, с обзиром на одсуство постојања било каквог тренда, може закључити да су 2 односно 3 специфична тренинга недељно сасвим довољна за значајнија побољшања висине скока. Међутим, уколико посматрамо наредне две променљиве, број скокова по тренингу, односно висину са које се скокови изводе, можемо закључити да примењено оптерећење уствари представља узрок

добијених разлика. Како број скокова по тренингу директно одређује обим, а висина са које се скокови изводе интезитет, оптерећење на појединачном тренингу, кога управо чини комбинација обима и интезитета, мора бити довољно велико.

Прецизније говорећи, на основу резултата приказаних у табели 1, број изведених скокова на једном тренингу не би требало да буде

испод 40 па и више, док би висина са које се скокови изводе требала да иде и до 70 – 80cm. Можда ће неко приметити да резултати Матавуља и сарадника /41/ не потврђују ове закључке, али треба напоменути да су поменутом студијом били обухваћени кошаркаши јуниори, који су, поред примењеног плиометријског тренинга, били изложени и утицајима свакодневног кошаркашког тренинга.

Табела 1. Резултати истраживања у којима су испитаници били подвргнути тренажном програму за побољшање скочности. Истраживања су поређана у односу на просечна побољшања у висини скока добијена код различитих група испитаника

| Референца | n | програм | период (недеља) | тренинга недељно | скокова по тренингу | дубина скока (cm) | побољшање (cm) |
|--------------------------|----|------------|-----------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|
| Young и сар. (1999) | 5 | РСД | 6 | 3 | 24→30 | 30↔40 | 0.9 |
| | 11 | АСД | 6 | 3 | 24→30 | 30↔40 | -0.4 |
| | 9 | к | | | | | -1.2 |
| Gehri и сар. (1998) | 7 | СПР | 12 | 2 | 16→32 | | 1.6* |
| | 11 | СД | 12 | 2 | 16→32 | 40 | 2.1* |
| | 10 | к | | | | | -0.9 |
| Spurrs и сар. (2003) | 8 | СД+С | 6 | 2→3 | 12→30+С | ? | 5.0* |
| | 9 | к | | | | | -1.0 |
| Maffiuleti и сар. (2002) | 10 | ЕМС+СД+Ген | 4 | 3 | 50 | ~40 | 3.9*** |
| | 10 | к | | | | | 0.2 |
| Wilson и сар. (1993) | 15 | ДТ | 10 | 2 | | | 1.7* |
| | 13 | ТС | 10 | 2 | | | 6.0* |
| | 13 | СД | 10 | 2 | 18→50 | 20→80 | 3.7* |
| | 14 | к | | | | | 0.8 |
| Матавуљ и сар. (2001) | 11 | СД+Ген | 6 | 3 | 30 | 50 | 4.8* |
| | 11 | СД+Ген | 6 | 3 | 30 | 100 | 5.6* |
| | 11 | к | | | | | 0 |
| Wilson и сар. (1996) | 14 | ДТ | 8 | 2 | | | 11.2* |
| | 14 | СД | 8 | 2 | 32→48 | 20→70 | 10.4* |
| | 13 | к | | | | | 3.3 |

Скраћенице: n - број испитаника, ДТ – програм тренинга састављен од вежби са дизањем терета, СД – програм тренинга састављен од вежби скокова у дубину, к – контролна група, ТС – програм тренинга састављен од вежби снаге извођених са 30% од максимално подигнутог терета, РСД – програм тренинга састављен од вежби реактивних скокова у дубину, АСД – програм тренинга састављен од вежби амортизујућих скокова у дубину, Ген – генерални програм тренинга карактеристичан за поједине спортове, ЕМС – програм тренинга заснован на електромистимулацији, С – програм тренинга састављен од различитих врста скокова, СПР – програм тренинга састављен од вежби скокова изведених у повратном режиму рада мишића, → - означава прогресивни вид тренинга, ↔ - означава примену оптималне висине (дате су најчешће висине), ? – непознато, * - p > 0.05, *** - p > 0.001

На основу приказаних резултата може се још закључити да, у случајевима када су ПМТ подвргнути недовољно физички припремљени појединци, као што је случај у већини приказаних студија, прогресивни приступ тренингу обезбеђује постепено увођење у већа оптерећења, као једини исправан начин у циљу избегавања опасности од повреда.

Прецизније говорећи, на основу резултата приказаних у табели 1, број изведених скокова на једном тренингу не би требало да буде испод 40 па и више, док би висина са које се скокови изводе требала да иде и до 70 – 80cm. Можда ће неко приметити да резултати Матавуља и сарадника /41/ не потврђују ове закључке, али треба напоменути да су поменутом студијом били обухваћени кошаркаши јуниори, који су, поред примењеног плиометријског тренинга, били изложени и утицајима свакодневног кошаркашког тренинга. На основу приказаних резултата може се још закључити да, у случајевима када су ПМТ подвргнути недовољно физички припремљени појединци, као што је случај у већини приказаних студија, прогресивни приступ тренингу обезбеђује постепено увођење у већа оптерећења, као једини исправан начин у циљу избегавања опасности од повреда.

Даља истраживања, у којима би претходно помињане променљиве биле систематски контролисане и мењане, требало би да дају потпунија објашњења о утицају сваке од њих на ефикасност СД као тренажног метода.

4. КАКО СКОК У ДУБИНУ УЧИНТИ ЕФИКАСНИЈИМ?

До изведених закључака у претходном поглављу дошло се на основу резултата студија, код којих се испитивао утицај ПМТ, заснованог на извођењу вежби СД, на побољшање максималне висине скока. Програм тренинга састављан је од стране аутора. Видели смо да се добијени резултати међу студијама разликују и да су те разлике, у великој мери, проузроковане самим дизајном тренинга. Оправдано се може поставити питање која је то комбинација која ће довести до највећег побољшања максималне висине скока. Разна истраживања су се бавила

испитивањем утицаја појединих променљивих на ефикасност СД.

4.1. Утицај висине са које се скок у дубину изводи

Утицај висине са које се СД изводи на мишићно-тетивни апарат, па самим тим и на ефикасност СД, је очигледан. Најпростије посматрано, тело при слободном паду услед деловања силе земљине теже, убрзава сразмерно повећању висине са које пада. Према Другом Њутновом закону ($F=ma$), сила која се развија у мишићима приликом фазе доскока, па самим тим и на почетку фазе одскока, уколико се она непосредно надовезује на претходну фазу, биће већа приликом СД са већих висина. Поставља се питање да ли ће се услед повећања иницијалне силе и максимална висина скока повећати, и да ли се она повећава сразмерно повећању те силе, односно повећању висине са које се СД изводи, или се то одвија само до одређене границе, те можемо говорити о постојању оптималне висине приликом СД. Многи истраживачи су се бавили овим проблемом /3,8,34,37,42,53,52/, али до усаглашавања ставова чини се да ипак није дошло. За оптималну висину приликом извођења СД у различитим студијама добијали су се различити резултати. Од 12cm /37/, 40cm /3,52/, до 60cm /34,42/. Са друге стране, у радовима Bobbert-а и сарадника /8/ и Walshe-а и Wilson-а /53/, није нађено постојање значајних разлика у максималној висини скока приликом СД са висине од 20, 40 и 60cm. Ипак оно у чему се већина њих слаже то је да се висина скока постепено повећава како се повећава висина са које се СД изводи, све до једног тренутка када почиње прогресивно да опада. До овога долази услед нарушавања технике извођења скока, а разлог томе су велика оптерећења којима је мишићно-тетивни апарат изложен. Тренутак када висина скока почиње да опада представља оптималну висину за извођење СД и он је карактеристичан за сваког појединца, односно за тренутно достигнути ниво његових моторичких способности.

Приликом одређивања оптималне висине јављају се одређени проблеми. Bobbert и сарадници /8/ су у свом истраживању, у коме су испитаници изводили СД са висине од 20,

40 и 60cm, путем видео анализе СД установили да стварне висине са којих се СД изводе, уствари износе 20, 31 и 49cm. Ова разлика приликом СД са висине од 40 и 60cm јавља се услед, како су Bobbert и сарадници приметили, благог прегибања у зглобовима колена и кука, пре самог извођења скока. До овога вероватно долази услед постојања несвесног страха од висине сваког појединца, чиме се изазива спуштање тежишта тела и самим тим смањења почетне висине. Можемо видети да за СД са мањих висина (20cm) наведене разлике не постоје, али се исто тако може приметити да се са повећањем висине оне додатно повећавају.

Управо је на основу ове појаве, Kibele /31/ у свом раду објаснио добијање релативно мале оптималне висине (12cm) у истраживању Lees-а и Fahmi-а /37/. Он је дошао до закључка да се добијене максималне висине скока, за различите висине са којих су се СД изводили, разликују од реално остварених, с обзиром на то да је за њихово израчунавање коришћен нумерички интеграциони метод. Применом овог метода, максимално остварена висина процењује се на основу импулса, забележеног приликом одскока са платформе силе, рачунатог као разлика укупног интеграла и импулса приликом доскока. Импулс приликом доскока се опет одређује на основу почетне висине са које се СД изводи. Тако су добијене вредности последично реално мање за веће висине, с обзиром на то да је за почетну висину узимана висина платформе са које се СД изводио, а не стварна висина тежишта тела, која је опет, услед претходно помињаног прегибања испитаника пред саскок, знатно мања. Као што смо из предходне дискусије видели за мање висине до 20cm, у овом случају 12cm, не долази до појаве ових разлика, јер се испитаници због мале почетне висине не прегибају у зглобовима колена и кука, па је на тај начин и процењена максимална висина скока остварена приликом саскока са ове висине реална, и на тај начин већа од осталих. Kibele стога, у случају одређивања оптималне висине на овај начин, препоручује коришћење двеју платформи сила, од којих би се једна налазила на платформи са које се СД изводи, а друга на тлу на месту где се доскаче. С обзиром на честе материјалне

недостатке, искусно око истраживача, које би вршило правовремену корекцију испитаника, може у знатној мери смањити шум, који се јавља код добијених резултата. Резултате студија, код којих није назначено постојање било какве контроле, треба узети са резервом /3,37,42/.

На крају се ипак најприкладнијим чини предлог Schmidtbleicher-а и Gollhofer-а /46/ у коме они кажу да се висина са које се СД изводи може слободно повећавати, све до тренутка док се не нарушава правилна техника извођења скока, а тај тренутак се може одредити на основу тога да ли је испитаник у стању да након саскока остане на предњем делу стопала, односно да спречи ударање петата о тло. Већина досадашњих истраживања показује да се то дешава на висинама између 40 и 60cm.

На основу свега претходно изнетог, мишљења смо да је током спровођења тренажног програма заснованог на извођењу вежби СД, повремено потребно изводити и СД са висина већих од оптималних, како би се у условима великих оптерећења извршио додатни утицај на мишићно-тетивни апарат и на тај начин ово вежбање учинило ефикаснијим. Наравно, ово је дозвољено само у случају одговарајуће физичке припремљености појединца.

4.2. Утицај технике извођења скока у дубину

Још су Bobbert и сарадници /9/ приметили да када се од појединца затражи да изведе СД, неки од њих спонтано изаберу да приликом доскока направе почучањ већих амплитуда, техника означена као *амортизујући скок у дубину (АСД)*⁴, док други, приликом доскока, радије праве почучањ мањих амплитуда, техника означена као *реактивни скок у дубину (РСД)*⁵. У наредној студији /7/ Bobbert и сарадници су испитивали утицај технике извођења скока на биомеханику скока. Компаративном анализом била су обухваћена три различита скока: СПР, АСД и РСД, при чему су АСД и РСД извођени са висине од 20cm. Добијени резултати показују да, када се посматрају амплитуде покрета, РСД < АСД < СПР. Када је реч о оствареним максималним висинама скока РСД < АСД < СПР. Међутим, када се

посматрају забележене силе током фазе одскока РСД > АСД > СПР. На основу поменутих налаза Bobbert је у свом прегледном чланку /10/ претпоставио да РСД може значајно побољшати мишићне капацитете по питању силе и снаге, док са друге стране понављање АСД може помоћи у усавршавању координације током извођења скока. Ипак, сматрао је да посебна тренинг-студија мора бити спроведена како би се ово доказало.

Нови приступ овоме проблему направили су Young и сарадници /59/. Они су утицали на технику извођења СД на тај начин што су испитаницима давали различите инструкције. Првој групи је било речено да СД изводе тако да првенствени циљ буде да се оствари што већа висина након скока (СД-Н), док се од друге групе захтевало да скоче што више, али да се при томе задрже што мање времена на тлу (СД-Н/т). Биомеханичком анализом ова два скока установљено је да група СД-Н остварује дужи контакт на земљи (>400ms, што би одговарало АСД), насупрот групи СД-Н/т (<200ms, што би одговарало РСД). Даље је утврђено да су остварене максималне висине скока веће у групи СД-Н, што је у сагласности са резултатима Bobbert-а и сарадника /7/. Корелационом анализом резултата добијена је мала повезаност $r=0.37$ ($p>0.05$) између ова два скока, што указује на то да поменуте технике СД утичу на различите квалитете.

У својој новој студији Young и сарадници /60/ су покушали да испитају утицаје тренинга, заснованог на извођењу СД различитим техникама, како на јачину мишића опружача ногу, тако и на остварену максималну висину скока. Добијени резултати показују да су значајне разлике забележене само у вредностима *индекса реактивности (ИР)* и то у групи СД-Н/т у правцу његовог повећања. ИР иначе представља количник остварене максималне висине скока и времена проведеног на тлу приликом његовог извођења ($ИР=Н/т$). Овај индекс указује на реактивне способности појединца и што је он већи и ове способности су веће, и обрнуто. Мишљења смо да поменута студија има одређене недостатке, с обзиром на релативно мали број испитаника и недовољно интезиван плиометријски тренинг, те да би било корисно студију са сличном поставком поновити.

4.3. Утицај осталих фактора на ефикасност скока у дубину

4.3.1. Утицај структуре мишића

Утицај структуре мишића на ефикасност СД може бити испољен, како у условима извођења СД са различитих висина, тако и условима извођења СД различитим техникама. Појединци са већим процентом брзих влакана показују боље перформансе СД приликом скока са већих висина, у поређењу са појединцима које карактерише структура мишића са већим процентом спорих влакана /33/. Са друге стране, "брзи" појединци боље перформансе СД показују када овај задатак изводе техником РСД, док "спори" боље искоришћавају АСД /14/. Наведене разлике могу се објаснити разликама у дужини трајања споја попречних мостића миозина и актина током мишићне контракције. Спора влакна одликује дуже трајање овог споја у поређењу са брзим влакнима, тако да спора влакна показују бољу искоришћеност енергије еластичне деформације при извођењу спорих покрета, и обрнуто /14,26/.

4.3.2 Утицај тврдоће подлоге

Неколико студија се бавило утицајем тврдоће подлоге на ефикасност СД /24,44,45/. Приликом извођења СД запажено је да испитаници праве мање амплитуде покрета приликом доскока на мекше подлоге, у поређењу са доскоком на тврђе подлоге. Ови резултати указују на то да су људи у стању да приликом доскока на подлоге различитије тврдоће, мењају крутост свог мишићно-тетивног апарата. Они га у случају доскока на мекшу подлогу чине крућим, чиме се смањује апсорпциона енергија мишићно-тетивног апарата, а повећава апсорпциона енергија подлоге, и обрнуто. На тај начин, укупна крутост целог система остаје непромењена, услед чега и време контакта проведеног на тлу приликом СД остаје приближно исто, за подлоге различите тврдоће /24/.

Ипак екстремно мекане подлоге услед своје велике апсорпционе моћи доводе до тога да се апсорпциона енергија у мишићима и тетивама толико смањи да се потпуно изгубе ефекти, који доводе до повећања

енергије еластичне деформације и самим тим се ефикасност СД драстично смањује. Са друге стране, екстремно тврде подлоге, због своје мале апсорпционе енергије, сву силу која се приликом доскока развија преносе на мишићно-тетивни апарат, што може довести до његовог повређивања.

4.3.3. Утицај узраста

Истраживањима још увек није прецизно одређено на ком узрасту је појединац физички довољно способан за ПМТ, тачније, када престаје опасност штетног утицаја ПМТ на раст и развој мишића, зглобова и костију. С обзиром да су у предпубертетском периоду епифизе костију још увек отворене /30,39/, СД као и друга високо-интезивна средства ПМТ могу бити контраиндикативна /1,28,36/. Наиме, докле год су епифизе костију отворене, активности високог интезитета могу довести до њиховог прераног затварања, што опет може довести до несразмере у дужини екстремитета /28/.

Поред физичког сазревања и психичко сазревање је веома битно код започињања са ПМТ. Спортиста мора бити у стању да прати инструкције тренера, јер у супротном може доћи, не само до повређивања спортисте, већ у појединим случајевима и до претренираности, а понекад и недовољне тренираности.

4.3.4. Утицај различитих интервала одмора

СД представља активност кратког трајања и високог интезитета, те се стога као примарни енергетски извори користе фосфагени (АТФ и CrP). Залихе фосфагена у организму омогућавају извођење радова максималног интезитета у трајању до 10s. Интервали одмора, након тога, у трајању од 3-4min сматрају се довољним за попуњавање резерви фосфагена /35,43/. С обзиром на то да је трајање СД мање од 1s, реално је претпоставити да приликом његовог извођења не долази до потпуног пражњења залиха фосфагена, па је стога и интервал одмора неопходан за њихово попуњавање краћи. Read и Cisar /42/ су покушали да одреде који је то интервал одмора довољан

између поновљених СД. Поставили су студију тако да су испитивана три интервала одмора: 15, 30 и 60s. Добијени резултати су показали да је интервал одмора у трајању од 15s довољан за потпуни опоравак.

4.3.5. Утицај недовољне физичке припремљености

Утицај недовољне физичке припремљености може представљати највећу опасност приликом извођења СД. Највећи број повреда дешава се управо из овог разлога. Многи истраживачи, а посебно тренери, слажу се да је прогресивни приступ једини исправан пут за увођење појединца у ПМТ, заснованог на извођењу вежби СД. Bobbert /10/ је у закључку свог прегледа записао: "Најефикаснији и најсигурнији начин за тренере да побољшају максималну висину скока својих спортиста, могао би бити кроз постепено увођење и то: прво коришћењем терета и тек на крају извођењем вежби СД". У литератури се срећу два начина за проверу степена физичке припремљености појединца пре започињања извођења вежби СД. Први, за проверу јачине мишића опружача ногу, који се састоји у подизању терета из дубоког чучња, при чему максимално подигнута тежина мора износити најмање 1.5 пута од телесне масе појединца /23,28,54/. Други, за проверу снаге мишића опружача ногу, који се састоји у извођењу 5 чучњева за 5s, са теретом величине 60% од телесне масе појединца /54/.

5. ЗАКЉУЧАК

ПМТ генерално гледано, па самим тим и СД, представља изузетно ефикасно средство за побољшање максималне висине скока. Ефикасност овог метода посебно се огледа у томе што релативно лако може бити укомпонован у различите програме тренинга, с обзиром на то да његова примена не захтева значајно много времена. То је изузетно важно у спортским играма, као што су кошарка и одбојка, које, због своје комплексности, захтевају тренажне програме широке оријентације. Два додатна тренинга недељно заснована на извођењу вежби СД,

омогућиће овим спортистима испољавање скочности на највишем такмичарском нивоу. Показано је да ПРПМ омогућава остваривање већег рада за исто време, па се, самим тим, и ефикасност рада мишића повећава. Из тог разлога, а у складу са препорукама Верхошанског /50/, мишиће треба тренирати управо у овом режиму, а СД представља најбоље средство за то. Оно што је важно и о чему сваки добар тренер треба да води рачуна, то је да ПМТ заснован на извођењу вежби СД, мора бити строго контролисан по питању свих оних елемената, о којима се у овој раду дискутовало. Оптерећење мора бити довољно велико, како би се остварили утицаји овог метода тренинга. Прогресивно повећавање оптерећења се показало као најефикасније.

Мишљења смо да се једино таквим приступом може постићи жељени циљ: побољшање максималне висине скока, уз избегавање опасности од повреда.

Показано је да недовољно истражени простори овога метода леже у самом механизму ПРПМ, као и у простору композиције тренинга. Посебно је остао нејасан утицај тренинга заснованог на извођењу вежби СД различитим техникама и претпоставка да би, можда, у овим условима, особе са различитим структурама мишића различито реаговале. Све ово остаје да се истражи у наредним студијама, при чему би научници и тренери требало да удруже своја искуства, на обострану корист.

ЛИТЕРАТУРА

- /1/ Allerheiligen B, Rogers R. (1995): PLYOMETRICS PROGRAM DESIGN. *Strength Conditioning*. 1995;17:26-31.
- /2/ Anderson FC, Pandy MG. (1993): STORAGE AND UTILIZATION OF ELASTIC STRAIN ENERGY DURING JUMPING. *J Biomech*. Dec;26(12):1413-27.
- /3/ Asmussen E, Bonde-Petersen F. (1974): STORAGE OF ELASTIC ENERGY IN SKELETAL MUSCLES IN MAN. *Acta Physiol Scand*. Jul;91(3):385-92.
- /4/ Avis FJ, Toussaint HM, Huijijng PA, van Ingen Schenau GJ. (1986): POSITIVE WORK AS A FUNCTION OF ECCENTRIC LOAD IN MAXIMAL LEG EXTENSION MOVEMENTS. *Eur J Appl Physiol*.;55:562-568
- /5/ Biewener AA. (1997): EFFECTS OF ELASTIC ENERGY STORAGE ON MUSCLE WORK AND EFFICIENCY. *J Appl Biomech*.;13:422-426.
- /6/ Bobbert MF, Gerritsen KG, Litjens MC, Van Soest AJ. (1996): WHY IS COUNTERMOVEMENT JUMP HEIGHT GREATER THAN SQUAT JUMP HEIGHT? *Med Sci Sports Exerc*. Nov;28(11):1402-12.
- /7/ Bobbert MF, Huijijng PA, van Ingen Schenau GJ. (1987): DROP JUMPING. I. THE INFLUENCE OF JUMPING TECHNIQUE ON THE BIOMECHANICS OF JUMPING. *Med Sci Sports Exerc*.;19(4):332-8.
- /8/ Bobbert MF, Huijijng PA, van Ingen Schenau GJ. (1987): DROP JUMPING. II. THE INFLUENCE OF DROPPING HEIGHT ON THE BIOMECHANICS OF DROP JUMPING. *Med Sci Sports Exerc*.;19(4):339-46.
- /9/ Bobbert MF, Mackay M, Schinkelshoek D, Huijijng PA, van Ingen Schenau GJ. (1986): A BIOMECHANICAL ANALYSIS OF DROP AND COUNTERMOVEMENT JUMPS. *Eur J Appl Physiol*. 1986;54:566-573.
- /10/ Bobbert MF. (1990): DROP JUMPING AS A TRAINING METHOD FOR JUMPING ABILITY. *Sports Med*. Jan;9(1):7-22. Review.
- /11/ Bosco C, Ito A, Komi PV, Luhtanen P, Rakkila P, Rusko H, Viitasalo JT. (1982): NEUROMUSCULAR FUNCTION AND MECHANICAL EFFICIENCY OF HUMAN LEG EXTENSOR MUSCLES DURING JUMPING EXERCISES. *Acta Physiol Scand*. Apr; 114(4):543-50.
- /12/ Bosco C, Komi PV, Ito (1981) A. PRE-STRETCH POTENTIATION OF HUMAN SKELETAL MUSCLE DURING BALLISTIC MOVEMENT. *Acta Physiol. Scand*.; 111:135-140
- /13/ Bosco C, Komi PV. (1979): POTENTIATION OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF THE HUMAN SKELETAL MUSCLE THROUGH PRESTRETCHING. *Acta Physiol Scand*.; 106:467-472.
- /14/ Bosco C, Tihanyi J, Komi PV, Fekete G, Apor P. (1982): STORE AND RECOIL OF ELASTIC ENERGY IN SLOW AND FAST TYPES OF HUMAN SKELETAL MUSCLES. *Acta Physiol Scand*. Dec;116(4):343-9.
- /15/ Bosco C, Viitasalo JT, Komi PV, Luhtanen P. (1982): COMBINED EFFECT OF ELASTIC ENERGY AND MYOELECTRICAL POTENTIATION DURING STRETCH-SHORTENING CYCLE EXERCISE. *Acta Physiol Scand*. Apr;114(4):557-65.

- /16/ Bosco C, Viitasalo JT. (1982): POTENTIATION OF MYOELECTRICAL ACTIVITY OF HUMAN MUSCLE IN VERTICAL JUMPS. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 22:549-562.
- /17/ Bosco C. (1997): THE EFFECT OF PRESTRETCH ON SKELETAL MUSCLE BEHAVIOR. *J Appl Biomech.* 13:426-429.
- /18/ Cavagna GA, Komarek L, Mazzoleni S. (1971): THE MECHANICS OF SPRINT RUNNING. *J Physiol (Lond)*. 217:709-721
- /19/ Cavagna GA, Saibere FP, Marrgaria R. (1965): EFFECT OF NEGATIVE WORK ON THE AMOUNT OF POSITIVE WORK PERFORMED BY AN ISOLATED MUSCLE. *J Appl Physiol.* 20:157-158.
- /20/ Chapman A, Caldwell G. (1985): THE USE OF MUSCLE STRENGTH IN INERTIAL LOADING. In Winter D, Norman D Wells R et al (Eds) *Biomechanics IX-A*. Human Kinetics Publ: 44-49.
- /21/ Chapman AE, Caldwell GE, Selbie WS. (1985): MECHANICAL OUTPUT FOLLOWING MUSCLE STRETCH IN FOREARM SUPINATION AGAINST INERTIAL LOADS. *J Appl Physiol.* 59:78-86
- /22/ David AW. (1997): SOME COMMENTS ON PERFORMANCE ENHANCEMENT AND EFFICIENCY IN THE STRETCH-SHORTENING CYCLE. *J Appl Biomech.* 13:474-476
- /23/ Dursenev L, Raesky L. (1979): STRENGTH TRAINING FOR JUMPERS. *Soviet Sports Rev.* 14(2):53-55.
- /24/ Ferris DP, Farley CT. (1997): INTERACTION OF LEG STIFFNESS AND SURFACE STIFFNESS DURING HUMAN HOPPING. *J Appl Physiol.* 82(1):15-22.
- /25/ Gehri JD, Ricard DM, Kleiner M, Kirkendall TD. (1998): A COMPARISON OF PLYOMETRIC TRAINING TECHNIQUES FOR IMPROVING VERTICAL JUMP ABILITY AND ENERGY PRODUCTION. *J Strength and Cond Res.* 12(2):85-89.
- /26/ Goubel F. (1997): SERIES ELASTICITY BEHAVIOR DURING THE STRETCH-SHORTENING CYCLE. *J Appl Biomech.* 13:439-443.
- /27/ Hill AV. (1970): FIRST AND LAST EXPERIMENTS IN MUSCLE MECHANICS. *Cambridge*: Cambridge University Press.
- /28/ Holcomb WR, Kleiner DM, Chu (1998): DA. PLYOMETRICS: CONSIDERATIONS FOR SAFE AND EFFECTIVE TRAINING. *Strength Conditioning.* 20(3):36-39.
- /29/ Jaric S, Gavrilovic P, Ivancevic V. (1985): EFFECTS OF PREVIOUS MUSCLE CONTRACTIONS ON CYCLIC MOVEMENT DYNAMICS. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 54(2):216-21.
- /30/ Keading CC, Whitehead R. (1998): MUSCULOSKELETAL INJURIES IN ADOLESCENTS. *Prim Care.* 25(1):211-223.
- /31/ Kibele A. (1999): POSSIBLE ERRORS IN THE COMPARATIVE EVALUATION OF DROP JUMPS FROM DIFFERENT HEIGHTS. *Ergonomics.* 42(7):1011-1014.
- /32/ Kilani HA, Palmer SS, Adrian MH, Gapsis JJ. (1989): BLOCK OF THE STRETCH REFLEX OF VASTUS LATERALIS DURING VERTICAL JUMP. *Human Mvmt Sci.* 8:247-269
- /33/ Komi PV, Bosco C. (1978): UTILISATION OF ELASTIC ENERGY IN JUMPING AND ITS RELATION TO SKELETAL MUSCLE FIBRE COMPOSITION IN MAN. In: E. Asmussen and K. Jorgensen (Eds.), *Biomechanics VI-A*; 79-85. Baltimore, MD: University Park Press.
- /34/ Komi PV, Bosco C. (1978): UTILIZATION OF STORED ELASTIC ENERGY IN LEG EXTENSOR MUSCLES BY MEN AND WOMEN. *Med Sci Sports.* 10(4):261-5.
- /35/ Kraemer WJ, Volek JS. (1999): CREATIN SUPPLEMENTATION: ITS ROLE IN HUMAN PERFORMANCE. *Clin Sports Med.* 651-665.
- /36/ LaChance P. (1995): PLYOMETRIC EXERCISE. *Strength Conditioning.* 17:16-23.
- /37/ Lees A, Fahmi E. (1994): OPTIMAL DROP HEIGHTS FOR PLYOMETRIC TRAINING. *Ergonomics.* Jan;37(1):141-8.
- /38/ Linthorne PN. (2001): ANALYSIS OF STANDING VERTICAL JUMPS USING A FORCE PLATFORM. *Am J Phys.* 69(11);1198-1204
- /39/ Lipp EJ. (1998): ATHLETIC PHYSEAL INJURY IN CHILDREN AND ADOLESCENTS. *Orthop Nurs.* 17(2):17-22.
- /40/ Maffiuletti NA, Dugnani S, Folz M, Di Pierno E, Mauro F. (2002): EFFECT OF COMBINED ELECTROSTIMULATION AND PLYOMETRIC TRAINING ON VERTICAL JUMP HEIGHT. *Med Sci Sports Exerc.* Oct;34(10):1638-44.
- /41/ Matavulj D, Kukolj M, Ugarkovic D, Tihanyi J, Jaric S. (2001): EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING ON JUMPING PERFORMANCE IN JUNIOR BASKETBALL PLAYERS. *J Sports Med Phys Fitness.* Jun;41(2):159-64.
- /42/ Read MM, Cisar C. (2001): THE INFLUENCE OF VARIED REST INTERVAL LENGTHS ON DEPTH JUMP PERFORMANCE. *J Strength Cond Res.* Aug;15(3):279-83.
- /43/ Robinson JM, Stone MH, Johnson RL, Penland CM, Warren BJ, Lewis RD. (1995): EFFECTS OF DIFFERENT WEIGHT TRAINING EXERCISE/ REST INTERVALS ON STRENGTH, POWER AND HIGH INTENSITY EXERCISE ENDURANCE. *J Strength Cond Res.* 9:216-221.

- /44/ Sanders RH, Allen JB. (1993): CHANGES IN NET JOINT TORQUES DURING ACCOMMODATION TO CHANGE IN SURFACE COMPLIANCE IN A DROP JUMPING TASK. *Hum Mov Sci.* 12:299-326.
- /45/ Sanders RH, Wilson BD. (1992): MODIFICATION OF MOVEMENT PATTERNS TO ACCOMMODATE TO A CHANGE IN SURFACE COMPLIANCE IN A DROP JUMPING TASK. *Hum Mov Sci.* 11:593-614.
- /46/ Schmidtbleicher D, Gollhofer A. (1982): NEUROMUSKULARE UNTERSUCHUNGEN ZUR BESTIMMUNG INDIVIDUELLER BELASTUNGSGROSSEN FÜR EIN TIEFSPRUNGTRAINING. *Leistungssport.* 12:298-307.
- /47/ Spurr RW, Murphy AJ, Watsford ML. (2003): THE EFFECT OF PLYOMETRIC TRAINING ON DISTANCE RUNNING PERFORMANCE. *Eur J Appl Physiol.* Mar;89(1):1-7.
- /48/ Takarada Y, Hirano Y, Ishige Y, Ishii N. (1997): STRETCH-INDUCED ENHANCEMENT OF MECHANICAL POWER OUTPUT IN HUMAN MULTIJOINT EXERCISE WITH COUNTERMOVEMENT. *J Appl Physiol.* 83:1749-1755.
- /49/ Van Ingen Schenau GJ, Bobbert MF, de Haan A. (1997): DOES ELASTIC ENERGY ENHANCE WORK AND EFFICIENCY IN THE STRETCH-SHORTENING CYCLE? *J Appl Biomech.* 13:389-415
- /50/ Verhoshanski Y. (1967): ARE DEPTH JUMPS USEFUL? *Track and Field* 12: 9. Na engleski jezik prevedeno u: *Yessis Review of Soviet Physical Education and Sports* 3: 75-78.
- /51/ Verhoshanski Y. (1966): PERSPECTIVES IN THE IMPROVEMENT OF SPEED-STRENGTH PREPARATION OF JUMPERS. *Track and Field* 9: 11-12. Na engleski jezik prevedeno u: *Yessis Review of Soviet Physical Education and Sports* 4: 28-35.
- /52/ Viitasalo JT. (1982): ANTHROPOMETRIC AND PHYSICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF MALE VOLLEYBALL PLAYERS. *Can J Appl Sport Sci.* 7:182-188.
- /53/ Walshe AD, Wilson GJ. (1997): THE INFLUENCE OF MUSCULOTENDINOUS STIFFNESS ON DROP JUMP PERFORMANCE. *Can J Appl Physiol.* Apr;22(2):117-32.
- /54/ Wathen D. (1993): LITERATURE REVIEW: PLYOMETRIC EXERCISE. *NSCA J.* 15(3):17-19.
- /55/ Wilson G, Elliot B, Wood G. (1991): THE EFFECT ON PERFORMANCE OF IMPOSING A DELAY DURING A STRETCH-SHORTEN CYCLE MOVEMENT. *Med Sci Sports Exerc.* 23(3):364-370
- /56/ Wilson G, Elliot B, Wood G. (1990): THE USE OF ELASTIC ENERGY IN SPORT. *Sports Coach.* 13(3):8-10
- /57/ Wilson GJ, Murphy AJ, Giorgi A. (1996): WEIGHT AND PLYOMETRIC TRAINING: EFFECTS ON ECCENTRIC AND CONCENTRIC FORCE PRODUCTION. *Can J Appl Physiol.* Aug;21(4):301-15.
- /58/ Wilson GJ, Newton RU, Murphy AJ, Humphries BJ. (1993): THE OPTIMAL TRAINING LOAD FOR THE DEVELOPMENT OF DYNAMIC ATHLETIC PERFORMANCE. *Med Sci Sports Exerc.* Nov;25(11):1279-86.
- /59/ Young W, Wilson G, Byrne C. (1999): RELATIONSHIP BETWEEN STRENGTH QUALITIES AND PERFORMANCE IN STANDING AND RUN UP VERTICAL JUMPS. *J Sports Med Phys Fitness.* Dec;39(4):285-93.
- /60/ Young WB, Wilson GJ, Byrne C. (1999): A COMPARISON OF DROP JUMP TRAINING METHODS: EFFECTS ON LEG EXTENSOR STRENGTH QUALITIES AND JUMPING PERFORMANCE. *Int J Sports Med.* Jul;20(5):295-303.

ФУСНОТЕ

- ¹ У литератури на Енглеском језику среће се под називом *stretch shortening cycle (SSC)*
- ² У литератури на Енглеском језику среће се под називом *countermovement jump (CMJ)*
- ³ У литератури на Енглеском језику среће се под називом *squat jump (SJ)*

- ⁴ У литератури на Енглеском језику среће се под називом *countermovement drop jump (CDJ)*

- ⁵ У литератури на Енглеском језику среће се под називом *bounce drop jump (BDJ)*

Александар Недељковић, асистент приправник
 Даринке Радовић 16, 11250 Београд, Србија и Црна Гора, 011 2 572 159, 064 23 86 001
 Факултет спорта и физичког васпитања, Благоја Паровића 156, 11030 Београд, Србија
 и Црна Гора, 011 3 555 000