

ФАКТОРИ КОЈИ УТИЧУ НА ОПТИМАЛНУ ВИСИНУ СКОКА ИЗ САСКОКА

Сажетак

У спортској науци и пракси се предлаже спровођење тренинга који омогућавају остваривање одговарајућих акутних тренажних ефеката у циљу повећања ефикасности тренажних процедура и максимизације адаптационих капацитета. Скок из саскока је једно од најчешће коришћених тренажних средстава у плиометријском методу тренинга. Опсег оптималног интензитета (оптималне висине саскока) за тренажно средство скок из саскока је од 12 до 80 cm, што упућује на важност испитивања и дефинисања узрока добијене варијабилности резултата. Добијен релативно широк опсег оптималне висине код скока из саскока је последица различитих фактора за које се у прегледаној литератури, која се бави наведеном тематиком, сматра да могу значајно утицати на оптималну висину саскока. Предмет рада је анализа фактора који утичу на оптималну висину саскока и њихова систематизација. Циљ рада је да се испита утицај различитих фактора на оптимални интензитет (оптималну висину саскока) код тренажног средства скок из саскока.

Кључне речи: РЕАКТИВНИ ИНДЕКС ИЗВОЂЕЊА / МАКСИМАЛНА СНАГА МИШИЋА / МАКСИМАЛНА ЈАЧИНА МИШИЋА

FACTORS THAT AFFECT THE OPTIMAL DROP HEIGHT TO DROP JUMP

Summary

It is suggested that, in the sports science and practice, it is advisable to conduct training that would enable achievement of adequate acute effects in order to increase the efficiency of training procedures and maximize the adaptive capacity. Drop jump is one of the most commonly used exercise in plyometric method of training. Optimum intensity range (optimal drop height) for drop jump is from 12 to 80 cm which refers to the importance of testing and defining the causes variability of obtained results. Obtained from a relatively wide range of the optimal drop height is the result of different factors for which it is in literature that deals with the above mentioned topic believes that can significantly affect the optimal drop height. The object of the research is the analysis factors that affect the optimal drop height and their organizational structure. The purpose of the research is to examine the impact of factors on an optimum intensity (optimal drop height) at drop jump.

Keywords: REACTIVE STRENGTH INDEX / MAXIMUM POWER MUSCLE / MAXIMUM STRENGTH MUSCLES

1. Увод

Једна од основних компоненти оптерећења, која дефинише сваки спортски тренинг, је интензитет тренинга. Превише висок или низак интензитет има различите квантитативне и квалитативне адаптационе подстицаје на организам и може позитивно или негативно (у одређеној мери) утицати на искоришћавање биолошких потенцијала појединца. Велики изазов за спортске стручњаке је одређивање оптималног интензитета, фактора који на њих утичу, који могу узроковати жељену активацију генетског апарата и утицати на одговарајућу (квалитативну и квантитативну) адаптацију, а она ће се огледати у ефикасном побољшању доминантних моторичких способности за одређени спорт (сила, снага, брзина и др.). С обзиром да је прецизно одређивање интензитета важно за подстицање организма на одговарајући вид адаптације, онда је јасно да ова компонента оптерећења у спортском тренингу има гносеолошки и методолошки значај за технологију спортског тренинга.

У спортској пракси се предлаже спровођење тренинга који омогућавају остваривање максималних акутних ефеката (нпр. извођење вежби интензитетом који омогућава постицање максималне висине скока, снаге...) у циљу повећања ефикасности тренажних или рехабилитационих процедура и максимизације адаптационих капацитета (Wilson et al. 1993; Baker & Nance 1999; Baker et al. 2001; McBride et al. 2002) и сматра супериорним у односу на класичан тренинг оптерећења без прецизно одређеног интензитета. Из тог аспекта је веома важно посветити посебну пажњу оптимизацији интензитета у тренажном процесу не само због теоријских (Cormie et al. 2011a) него и практичних аспеката (Cormie et al. 2011b), тј. да би се постигла већа ефикасност тренажних и рехабилитационих процеса (Cronin & Sleivert 2005) и зато ће као идентификован проблем бити детаљније обрађиван код тренажног средства скок из саскока.

Предмет рада је анализа фактора који утичу на оптималну висину саскока и њихова систематизација. Циљ рада је да се испита утицај различитих фактора на оптимални интензитет (оптималну висину саскока) код тренажног средства скок из саскока (СИС).

2. Метод

Истраживање је обухватило преглед база са радовима: PubMed, Medline, Google претраживача. Детаљним претраживањем наведених база одабрани су радови у складу са наведеном темом рада.

3. Анализа прегледаних радова

3.1. Дефинисања фактора који утичу на оптималну висину саскока

У последњих 50-так година СИС је веома често коришћено тренажно средство за:

- повећање мишићне снаге ногу (Bobbert 1990),
- један од најчешће коришћених тестова за одређивање скакачких перформанси (Malfait et al. 2014),
- повећање неуралне стимулације мишића и коришћење еластичних својстава мишићно-тетивног комплекса што утиче на повећање генерисане мишићне снаге (Komi 1992),
- рехабилитацију (Marković i Mikulić 2010).

Разлог честе примене тренажног средства СИС је утврђена висока валидност, поузданост и сензитивност у истраживањима (Bobbert 1990; Viitasalo et al. 1998; Malfait et al. 2014).

Иако је у више студија испитиван утицај висине саскока на зависне варијабле којима се дефинише оптимална висина саскока (Komi & Bosco 1978, Bobbert et al. 1987, Lees & Fahmi 1994, Viitasalo et al. 1998, Bassa et al. 2012, Pietraszewski & Rutkowska-Kucharska 2012) добијени резултати су неконзистентни. Опсег оптималног интензитета за СИС је од 12 cm (Lees & Fahmi 1994) до 80 cm (Viitasalo et al. 1998) у зависности од варијабле која је коришћена за одређивање ОВС.

Добијен релативно широк опсег је вероватно последица фактора који су на основу прегледане литературе утврђени да значајно утичу на ОВС. Фактори који утичу на разлике оптималног интензитета оптерећења (при коме је омогућено испољавање максималних вредности – варијабли које се користе за дефинисање ОВС) и који су утврђени прегледом досадашње литературе која се бавила наведеном проблематиком се могу систематизовати у спољашње и унутрашње факторе (погледати Табелу 1).

Табела 1 Фактори који утичу на ОВС код СИС.

Спољашњи фактори	Унутрашњи фактори
Висина саскока	Пол
Спољашње оптерећење	Узраст
Варијабле за одређивање ОВС	Утренираност
Техника одскока	
Тип инструкције	

3.2. Спољашњи фактори који утичу на оптимални интензитет код скока из саскока

3.2.1. Висина саскока

У великом броју научних истраживања (Komi & Bosco 1978; Vompa 1999; Villareal et al. 2009; Makaruk & Sacewicz 2011) сматра се да се повећањем висине саскока може значајно утицати на бројне механичке варијабле и перформансе. Утицај висине саскока је са неурофизиолошког аспекта објашњаван у трансверзалним студијама (Komi, Gollhofer 1997; Leukel et al. 2008a, 2008b). У наведеним истраживањима је утврђено да висина са које се ради *СИС* утиче на неуромишићну адаптацију и технику извођења скока, а у докторској дисертацији Мрдаковића (2013) висина саскока се сматра кључним фактором који одређује интензитет одговора у мишићној активацији, где за фазу мишићне преактивације и првог мишићног одговора (кратка латенца) након контакта са подлогом није значајно да ли ће одскок бити субмаксималне или максималне висине, ако постоји адекватна висина саскока.

Када је поред висине саскока прецизно контролисано и време трајања одскока добијено је да се максимална вредност вертикалне компоненте силе реакције подлоге повећава са повећањем висине саскока и са смањењем трајања контакта током одскока, а брзина тежишта тела на крају одскока (крај пропулзивне фазе) расте са повећањем трајања одскока. За све висине саскока максимална мишићна снага (која се може користити и као варијабла за одређивање *ОВС*) се током пропулзивне фазе повећава са смањењем трајања контакта током одскока и повећањем висине саскока до одређеног оптимума, након чега се даљим скраћењем трајања одскока и повећањем висине саскока мишићна снага смањује. Максимална снага током одскока је постигнута са висине саскока од 40 cm и оптималним трајањем одскока (Walsh et al. 2004).

У једном броју истраживања није добијен значајан утицај висине саскока на висину скока (Viitasalo & Bosco 1982, Viitasalo et al. 1998). Добијени резултати су показали да је код обе групе испитаника висина скока идентична након саскока са 40 и 80 cm (код троскокаша - 47 cm, студената - 35 cm), укупно трајање контакта са подлогом и кад се она подели на амортизациону и пропулзивну фазу је без значајних разлика, док је значајно повећана просечна и максимална сила реакције подлоге (*СРП*) током

амортизационе фазе код саскока са 80 cm (код групе студената *СПП* је и значајно смањена током пропулзивне фазе (Viitasalo et al. 1998) што је вероватно последица превеликог оптерећења током саскока које узрокује смањење контроле и повећање амплитуде покрета на нивоу скочног, колена и зглоба кука, тј. прављење мекшег доскока и мањег коришћења еластичних својстава мишића – циклуса издужења-скраћења мишића), а резултати студије Мрдаковића (2013) потврђују значајан утицај висине саскока на повећање вертикалне компоненте *СПП* и коришћење висине саскока у циљу дозирања интензитета оптерећења код *СИС*.

3.2.2. Спољашње оптерећење

Поред висине саскока, други фактор којим се може дефинисати интензитет као компонента оптерећења је додатна спољашња маса са којом се изводе скокови из саскока. Прегледом литературе нађена су три истраживања која су испитивала наведени проблем (McClay et al. 1994; Jensen & Ebben 2007; Makaruk & Sacewicz 2011).

Када је испитиван утицај висине саскока и промене масе тела (додавањем 5 и 10 % од телесне масе) на вертикалну компоненту *СПП*₁ (први пик силе реакције подлоге током ексцентричне фазе, генерише се контактом прстима са подлогом), *СПП*₂ (други пик силе реакције подлоге током ексцентричне фазе, контакт петата са подлогом) и брзину развоја силе у ексцентричној фази (*eng. Rate of force development – RFD*) ($BPCE_1 = SP_{P1} / m_1$ и $BPCE_2 = SP_{P2} / m_2$) добијено је да са повећањем висине саскока вредности варијабли се значајно повећавају ($p < 0,01$), са изузетком 40 и 60 cm са додатом масом од 10 % где се *СПП*₂ не разликује значајно са променом висине саскока ($p > 0,05$). Са повећањем масе тела од 5 до 10 % статистички се значајно смањују ($p < 0,01$) вредности варијабли *СПП*₁, *СПП*₂, *BPCE*₁ након саскока са висине од 60 cm у односу на добијене вредности саскока са 20 и 40 cm. Приликом извођења саскока без додатног оптерећења са 60 cm наведене варијабли имају значајно веће вредности него са додатих 5 или 10 % од масе тела, док су обрнути резултати при висини саскока од 20 cm. Са тим у вези, ако је циљ повећање интензитета вежбе *СИС* повећањем висине на 60 cm и масе тела за 5 или 10 % неће се постићи већи интензитет, већ првенствено промена технике одскока (Makaruk & Sacewicz 2011).

3.2.3. Избор варијабли за одређивање оптималне висине саскока

Оптимална висина саскока је у већини радова одређивана на основу висине скока након саскока (Bobbert et al. 1987; Komi & Bosco 1978; Lees & Fahmi 1994; Voigt et al. 1994) (деталје погледати у табели 2). Нешто ређе се користи реактивни индекс извођења (*РИИ*) (*eng. Reactive strength index – RSI*) (Byrne et al. 2010), вредност кинетичке енергије у амортизационој и екстензионој фази одскока (Asmussen i Bonde-Petersen 1974), временски период трајања одскока (Komi 1992b) и генерисање релативизоване максималне мишићне снаге током одскока (Pietraszewski & Rutkowska-Kucharska 2011). На табели 2 су приказане зависне варијабли помоћу којих је дефинисана *ОВС*.

Табела 2 Најчешће коришћене варијабле за одређивање *ОВС*.

Аутори	Узорак (n – број испитаника)	Примењене висине саскока (cm)	ОВС (cm)	Зависна варијабла
Komi & Bosco 1978	Студенткиње (n = 25)	Od 20 do 80	47.6 ± 19.4	X _{макс}
	Студенти (n = 16)	Od 26 do 83	63 ± 22.7	
	Одбојкаши (n = 16)		66 ± 16.3	
Viitalo et al. 1998	Скакачи (n = 7) Конт. група (n = 11)	40, 80	40 = 80	X _{макс}
Viitalo 1982	Одбојкаши	40	40	X _{макс}
Lees & Fahmi 1994	Мушкарци (n = 30)	12, 24, 36, 46, 58, 68	12	X _{макс}
Voigt et al. 1994	Скакачи (n = 6)	30, 60, 90	30	X _{макс}
Bobbert et al. 1987	Студенти (n = 6)	20, 40, 60	=	X _{макс}
Asmussen & Bonde-Petersen 1974	Мушкарци	23, 40, 69	40	X _{макс} , E _{пос}
Decker & McCaw 2012	Студенти (n = 15)	40, 60, 80	60	A _{тотал} , П _{макс}
Bassa et al. 2012	Дечаци и девојчице (n = 60)	10, 20, 30, 40, 50	=	X
Byrne et al. 2010	Студенти (n = 22)	20, 30, 40, 50, 60	39 ± 0.14 X _{макс} 31 ± 0.12 РИИ	X _{макс} , РИИ
Pietraszewski Rutkowska-Kucharska 2011	Атлетичари, одбојкаши, кошаркаши, фудбалери, пливачи	15, 30, 45, 60	30	П _{макс}

Легенда табеле 2: = – нема разлике у висини скока код примењених различитих висина саскока, X_{макс} – максимална висина скока, П_{макс} – максимална мишићна снага током одскока, E_{пос} – енергија током концентричне фазе одскока, A_{тотал} – укупан рад.

3.2.4. Техника скока из саскока

Код скока из саскока у зависности од вредности одређених биомеханичких варијабли (које дефинишу технику одскока, нпр. *СИС* (eng. *Bounce drop jump – BDJ*) или *СИС₁* (eng. *Countermovement drop jump – CDJ*) значајно се може утицати на тренажне ефекте, тј. у зависности од циља тренинга треба примењивати одговарајућу технику одскока.

У зависности од трајања одскока, скокови из саскока су подељени у две групе: амортизујући скок у дубину (приликом доскока се прави почучањ већих амплитуда *СИС₁*, трајање одскока је преко 260 ms) и реактивни скок у дубину (при доскоку се прави почучањ мале амплитуде након чега следи одскок *СИС*, трајање одскока је око 200 ms) (Bobbert et al. 1986). Нешто другачију поделу је дао Schmidtbleicher (1992), скокови који се изводе у режиму циклуса издужења-скраћења мишића (*ЦИС*) (eng. *Stretch shortening cycle – SSC*) дели на: кратки *ЦИС* код којих је трајање одскока краће од 250 ms и дуги *ЦИС* код којих је трајање одскока дуже од 250 ms. Статистички значајно мање спуштање тежишта тела током одскока код *СИС* у односу на *СИС₁* утиче на краће трајање фазе одскока и временског периода између постигнуте максималне брзине тежишта тела у амортизационој и почетка екстензионе фазе, што омогућује у већој мери коришћење еластичних својстава тетивно-мишићног комплекса. Значајна разлика у мишићној снази (такође се користи за одређивање *ОВС*) остварена је првенствено на рачун великих разлика у вредности вертикалне компоненте *СПП*. На почетку екстензионе фазе максимална вредност *СПП* је скоро дупло већа код *СИС* у односу на *СИС₁* такође је добијена мала корелација зависних варијабли између скокова извођених у условима тзв. спорог и брзог *ЦИС* мишића (*СИС₁* скок припада спором, а *СИС* брзом *ЦИС* мишића) (Schmidtbleicher 1990). Све добијене разлике су на статистичком нивоу значајности ($p < 0,05$).

3.2.5. Утицај типа инструкције

Прегледом литературе нађене су само две студије које се баве испитивањем утицаја типа инструкције на технику извођења одскока и висину скока код вежбе скок из саскока и релативно су старије. Прву студију су радили Боберт и сарадници (Bobbert et al. 1986), а нешто новију Јанг и сарадници (Young et al. 1995) која је свеобухватнија и из тог разлога ће детаљније бити анализирана.

Јанг и сарадници (Young et al. 1995) су поредили технику одскока и висину скока обеножног скока увис из места (*ОСУ*) и скока из саскока (*СИС*) са 30, 45 и 60 cm извођених са три различита типа инструкције:

- 1) са циљем постизања што веће висине скока (*СИС-Х*),
- 2) са циљем постизања што веће висине и краћег трајања одскока (тзв. реактивни индекс извођења - *РИИ*, такође коришћен за одређивање *ОВС*),
- 3) са циљем остваривања што краћег трајања одскока (*СИС-т*).

Код скока из саскока повећање висине скока се постиже повећањем вертикалне компоненте силе реакције подлоге или продужењем њеног трајања, при чему се повећава импулс силе. Код *РИИ* трајање одскока је мање за 56-57% и висина скока за 18-21% у односу на *СИС-Х*. Са тим у вези праћене зависне варијабле током извођења скока из саскока *СИС-т* високо корелирају са истим код *РИИ*. Може се закључити да скок изведен под оваквом инструкцијом је према вредностима механичких варијабли и перформанси, веома сличан *СИС* скоку из саскока анализираним у раду Боберта и сарадника (Bobbert et al. 1986), а *СИС-Х* је сличан *СИС*. У неким случајевима (у зависности од задате инструкције) техника скока из саскока се фундаментално не разликује од *ОСУ*. У корелационој матрици наведеног истраживања је добијена висока повезаност висине скока ($p = 0,98$) између *ОСУ* и *СИС-Х* што је у складу са резултатима Боберта и сарадника (Bobbert et al. 1987) (разлика у максималној висини скока је само 3%, али ипак статистички значајна $p < 0,05$). Корелација *СИС-Х* са *РИИ* је много нижа ($p = 0,37$), а са *СИС-т* ($p = 0,38$). Слични резултати се добијају у корелацијама *ОСУ* и *СИС-Х* ($p = 0,98$), *СИС-Х* и *РИИ* ($p = 0,56$), *СИС-Х* и *СИС-т* ($p = -0,32$) након саскока само са висине од 45 cm. У наведеној студији се наводи да постоји већа корелација без обзира на дату инструкцију између скокова из саскока изведених са висина од 30 и 45 cm и 45 и 60 cm него између 30 и 60 cm што потврђује утицај висине саскока.

Може се закључити да без обзира на задату инструкцију са повећањем висине саскока изнад оптималне:

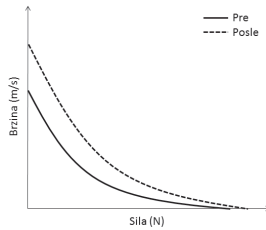
- висина скока се смањује
- трајање одскока се продужава
- однос висина скока/трајање одскока (*РИИ* индекс) се смањује.

3.3. Унутрашњи фактори који утичу на оптимални интензитет код скока из саскока

3.3.1. Утицај утренираности

Тип утренираности

Утренираност се може прецизније систематизовати као тип и ниво утренираности. Према Пажину (2013) тип утренираности подразумева усмереност тренинга на развој једне од две важне способности за генерисање максималне снаге мишића (јачине мишића, односно брзине скраћења мишића), а ниво утренираности подразумева висок или низак ниво физичке активности, при чему физичка активност не мора да укључује усмерен тренинг за развој (на пример силе, брзине или неке друге моторичке способности). Значајно различите вредности мишићне силе или брзине, као последица примене одређених типова тренинга, утичу на мењање Хилове криве (Newton & Kraemer 1994; Moss et al. 1997; McBride et al. 2002) што се види са слике 1. Узрок мењања Хилове криве су промене електричне активности (Nakkinen & Komi 1985a, b) и контрактилних карактеристика мишића (Duchateau & Hainaut 1984) као последица примењивања одређеног типа тренинга. Мењање Хилове криве које је утврђено свакако утиче и на мењање снаге, тј. оптималног интензитета који ће омогућити испољавање максималних перформанси.



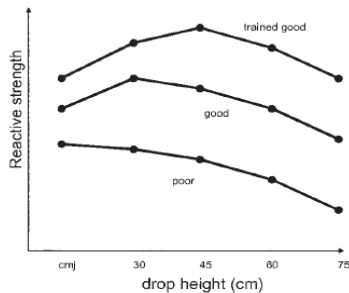
Слика 1 Ефекти експлозивних тренажних оптерећења (у трајању од неколико недеља) на релацију сила-брзина пре и после тренинга (Kawamori & Haff 2004).

Када је оптимално оптерећење рачунато (висина саскока са које се постиже максимална мишићна снага, релативизиована у односу на телесну масу) заједно за све испитанике (који су били различитог типа утренираности), оно се реализовало са висине од 30 cm. Када се рачунало за свакога индивидуално, вредности су у опсегу од 15 до 60 cm, што указује на неопходност индивидуалног одређивања оптималног оптерећења (висине саскока) (Pietraszewski & Rutkowska-Kucharska 2011).

Ниво утренираности

Према релацији сила-брзина јачи испитаници (са бољим резултатом у получучњу – један понављајући максимум) треба да при вишем саскоку у односу на слабије постижу максималну висину скока. Јачим испитаницима је потребно веће спољашње оптерећење у односу на слабије да постигну оптималну брзину, при којој ће реализовати максималну мишићну снагу (Komi 1992b). Када је висина саскока већа од оптималне, током доскока се узрокује прелажење прага голцијевог-тетивног органа, смањују се електромиографске мишићне активности у временском периоду од 50 до 100 ms пре контакта стопала са подлогом које траје у наредних од 100 до 200 ms (Schmidtbleicher et al. 1988), смањења мишићне силе, снаге и висине скока. Ове појаве су објашњене као последице дејства заштитног механизма (голцијевог тетивног органа) током великих оптерећења, како би се спречиле повреде мишићно-тетивног система (Gollhofer 1987; Gollhofer & Kyrolainen 1991).

Потврда горе наведених објашњења да неутренирани (слабији) остварују виши скок након саскока са нижих (22-32 cm) него виших висина (62, 72, 82 cm) у односу на утрениране (јаче) испитанике је утврђено у раду Матића и сарадника (2014). Када се утицај нивоа утренираности на оптималну висину саскока испитивао помоћу варијабле РИИ такође су добијене различите вредности ове варијабле у зависности од нивоа утренираности (Слика 2) (Newton & Dugan 2002).



Слика 2 Повезаност висине саскока и РИИ са нивоом утренираности (преузето од Newton & Dugan 2002).

3.3.2. Утицај пола

Површина физиолошког пресека и број мишићних влакана у просеку је већи код мушкараца у односу на жене, а проценат типа мишићних влакана се статистички значајно не разликује између полова истог узраста (Zatsiorsky & Kraemer 2009). Са старењем површина физиолошког пресека мишића се смањује због саркопеније (долази до изумирања мишићних влакана), али и даље постоји статистичка значајна разлика између мушкараца и жена (Borges & Esson-Gustavsson 1989 према Николићу 2003). Наведене физиолошке разлике између полова су један од најбитнијих фактора који узрокује значајне разлике у релацији сила-брзина мушкараца и жена (Komi et al. 1977), што утиче и на ниво оптималног интензитета који треба даље испитати.

Када се испитивао утицај висине саскока код мушкараца и жена утврђено је да је висина скока девојака од 54 до 67% нижа од висине скока мушкараца. Код мушкараца се висина скока повећава са повећањем висине саскока од 26 до 62 cm, а код девојака од 20 до 50 cm (Komi & Bosco 1978).

Значајан ефекат пола се испољио и код варијабле висина скока и релативизована (у односу на телесну масу) снага без значајне интеракције са примењеном висином саскока. Средња вредност висине скока одбојкаша је $46,6 \pm 7,5$ cm, одбојкашица $36 \pm 5,4$ cm (значајна разлика на нивоу $p < 0,05$) (Laffaye & Choukou 2010). Добијену разлику (висину скока) аутори објашњавају генерисаном значајно већом ($p < 0,05$) релативизованом просечном снагом (одбојкаши $56,9 \pm 26$ W/kg, одбојкашице $42,4 \pm 19$ W/kg, тј. за 25,5 % је већа код одбојкаша) и краћом амортизационом фазом одскока за 43% код одбојкаша, што омогућава у већој мери испољавање ЦИС мишића, повећање висине скока (Laffaye et al. 2005; Aragon-Vargasa & Grossa 1997).

3.3.3. Утицај узраста

Велики број физиолошких варијабли се разликује код деце у односу на одрасле, за које се сматра да битно утиче на процес сазревања (матурације). Најбитније разлике, које могу утицати на технику одскока СИС, код дечака, у односу на одрасле, је: нижа вредност миотатичког рефлекса (Sinkjaer et al. 1988), статистички значајно каснија мишићна преактивација у односу на одрасле (Assaiante & Amblard 1996) и мања осетљивост мишићних вретена (Lazaridis et al. 2010) у односу на одрасле мушкарце.

Добијена је статистички значајна разлика у кинетичким, кинематичким и електромиографским варијаблама нетренираних (у последње две године) дечака (9-11 година) и одраслих (19-27 година) код СИС. У добијеним резултатима висина скока дечака ($15,1 \pm 1,7$ cm) се значајно разликује ($p < 0,001$) у односу на одрасле ($32,7 \pm 4$ cm) код саскока са 20 cm што упућује на значајну разлику у ОВС. Дечаци имају већу максималну флексију зглоба колена ($p = 0,02$) и већу угаону брзину колена током амортизационе ($p = 0,002$) и екстензионе фазе ($p < 0,001$). Такође се види да су амортизациона и екстензиона фаза одскока код одраслих значајно краће ($p = 0,02$ и $p = 0,004$) (Lazaridis et al. 2010). Слични резултати су добијени у поређењу старих и младих (одраслих) испитаника (Hoffrén et al. 2007; Liu et al. 2006), при чему су добијене вредности зависних варијабли старијих особа сличне добијеним код деце.

4. Закључци

Да би се прецизније одредио утицај висине саскока на механичке варијабле и перформансе за вежбу скок из саскока, неопходно је повећати број висина саскока на тестирањима. У неким истраживањима су примењиване само једна (Lazaridis et al. 2010) две (Laffaye & Choukou 2010; Viitasalo et al. 1998) или три висине (Walsh et al. 2004; Taube et al. 2011, Мрдаковић 2013). Треба утврдити најваљидније и најпоузданије варијабле које се користе за одређивање оптималне висине саскока (на пример максимална висина скока, снага мишића, реактивни индекс извођења, што у радовима (Viitasalo et al. 1998; Walsh et al. 2004) није урађено и може се сматрати методолошким недостатком наведених студија.

Повећањем висине саскока од 20 cm до 60 cm значајно се повећава интензитет који је у студијама (Jensena & Ebbena 2007; Lin et al. 2000) дефинисан варијаблама СРП1, СРП2, БРСЕ1, БРСЕ2, а додавањем спољашњег оптерећења (нпр. прслук са врећицама песка или теговима) и висине саскока до 20 cm. Даљим повећањем висине саскока интензитет се смањује и битно се мења техника одскока (амортизациона фаза се продужава, флексија у скочном зглобу, колenu и куку се повећава). Иако Валш и сарадници (Walsh et al. 2004) сматрају да се променом трајања контакта са подлогом у већој мери утиче на механичке варијабле, Макарук и Сачевиц (Makaruk & Sacewicz 2011) су мишљења да је промена висине саскока много једноставнија, прецизнија и практичнија за дозирање интензитета код СИС када се ради без додатног оптерећења (у наведеној студији је у односу на истраживање Валша и сарадника (Walsha et al. 2004) урађен интра-клас корелациони коефицијент тест за све испитиване варијабле и добијене су вредности од 0,91 до 0,96 што потврђује високу поузданост испитиваних зависних варијабли).

Прегледом досадашње литературе пронађена су само два истраживања у којима је као варијабла за одређивање ОВС коришћена максимална мишићна снага релативизована у односу на телесну масу испитаника која се неоправдано занемарује у досадашњим истраживањима, иако се у раду Лафајеа и Чокуа (Laffaye & Choukou 2010) мишићна снага сматра најпредиктивнијом варијаблом висине скока.

Прегледом литературе су нађене само две студије које се баве испитивањем утицаја инструкције на технику одскока. И даље се не зна колико утиче висина саскока, а колико задата инструкција на технику одскока, а тиме и на варијабле којима се дефинише ОВС. Код скока из саскока и ОСУ, механичке варијабле и перформансе се не разликују значајно ако дата инструкција гласи да је циљ постизање максималне висине скока. Када је што краћи контакт циљ, добијају се значајне разлике између ове две врсте скока. Без експлицитне инструкције за извођење скока из саскока и мерења неких битних варијабли (нпр. трајање контакта са подлогом током одскока), одговарајућа техника која је у складу са циљем тренинга се вероватно неће изводити (Bobbert et al. 1986).

У студијама које су испитивале утицај типа утренираности, недостатком се може сматрати неутврђивање нивоа утренираности испитаника и постојање статистички значајних разлика (може се одредити на основу резултата 1 РМ у получучњу, чучњу...). Да је испитивана разлика нивоа утренираности, са већом тачношћу би се могло закључити да ли је добијена разлика оптималне висине саскока последица утицаја типа или нивоа утренираности. У наведеним истраживањима је утврђено да је битно извршити периодична тестирања у току макроциклуса, како би се пратиле промене оптималног оптерећења, што омогућује побољшање ефеката тренинга и смањење могућности повређивања спортиста.

У студијама које су се бавиле оптималним интензитетом код утренираних и неутренираних испитаника недостатком се може сматрати што није испитивана разлика у нивоу утренираности (мишићној сили, нпр. резултат у 1 РМ получучња). Критеријуми на основу кога су испитаници класификовани у групу утренираних је тренажни стаж и спортски резултат. Са тим у вези код дефинисања групе/а утренираних и неутренираних треба утврдити како на вредности зависних испитиваних варијабли утиче мишићна јачина. Из прегледане литературе је само у једној студији испитивано да ли постоји статистички значајна корелација резултата у мишићној јачини (резултат 1 РМ у получучњу, чучњу...) и оптималне висине саскока, иако се у прегледном раду Каваморе и Хафа (Kawamoto & Haf 2004) предлаже испитивање повезаности нивоа максималне јачине и оптималног оптерећења које ће омогућити генерисање максималне снаге.

На основу прегледа резултата студија које су испитивале утицај пола на ОВС може се закључити да постоји статистички значајна разлика у висини саскока са које се постиже максимална висина скока и генерисана мишићна снага током одскока између жена и мушкараца. Недостатак ових студија је што је примењен мали број висина саскока. У наредним истраживањима треба примењивати више висина саскока да би се утврдило при којим висинама саскока долази до значајних разлика праћених зависних варијабли и мењања технике извођења одскока код мушкараца и жена.

Индиректно се може закључити да су дечаци мање способни да искористе енергију еластичне деформације током концентричне фазе одскока. Добијена разлика је последица недовољне мишићне крутости система и мање интер/интрамишићне координације током одскока дечака у односу на одрасле и

потврђује да је неопходно прилагодити висину саскока у зависности од узраста, како би се остварили тренажни или рехабилитациони циљеви и избегле могуће повреде локомоторног система.

Према прегледу досадашње литературе ни у једном раду нису коришћене бар две варијабле за одређивање оптималне висине саскока (нпр. висина скока и РИИ) како би се прецизно могло утврдити колика је разлика у ОВС у зависности од коришћене варијабле за њено одређивање.

За наредна истраживања се предлаже свеобухватнији начин истраживања (већи број кинематичких, кинетичких и електромиографских варијабли), проналажење потпунијих одговора неуро-мишићне контроле покрета и адаптације на примену различитих висина саскока. Поред трансверзалних студија, потребно је урадити и више лонгитудиналних истраживања са овом проблематиком и одредити најважније варијабле за одређивање оптималне висине саскока.

5. Литература

- Aragon-Vargas, L. & Gross, M. (1997). Differences within individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 45-65.
- Assaiante, C. & Amblard, B. (1996). Visual factors in the child's gait: effects on locomotor skills. *Percept Mot Skills*, 83, 1019-1041.
- Asmussen, E. & Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 91, 385-392.
- Baker, D. & Nance, S. (1999). The relationship between strength and power in professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 224-229.
- Baker, D., Nance, S. & Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 92-97.
- Bassa, E. I., Patikas, D. A., Panagiotidou, A. I., Papadopoulou, S. D., Pylianidis, T. C. & Kotzamanidis, C. M. (2012). The effect of dropping height on jumping performance in trained and untrained prepubertal boys and girls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2258-2264.
- Bobbert, M. F., Mackay, M., Schinkelshoek, D., Huijting P.A. & Van Ingen Schenau G. J. (1986). Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 566-573.
- Bobbert, M. F., Huijting, P. A. & van Ingen Schenau, G. J. (1987). Drop jumping II. The influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, 339-346.
- Bobbert, M. F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Medicine*, 9, 7-22.
- Bompa, O. T. (1999). *Periodization – Training for Sports*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Borges, O. & Essen-Gustavsson, B. (1989). Enzyme activities in type I and II muscle fibers of human skeletal muscle in relation to age and torque development. *Acta Physiologica Scandinavica*, 136, 29.
- Bosco, C., Viitasalo, J. T., Komi, P. V. & Luhtanen, P. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 114, 557-565.
- Byrne, P. J., Moran, K., Rankin, P. & Kinsella, S. (2010). A comparison of methods used to identify 'optimal' drop height for early phase adaptations in depth jump training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2050-2055.
- Cormie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1 - biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41, 17-38.
- Cormie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125-46.

- Cronin, J. & Sleivert, G. (2005) Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35, 213-234.
- Decker, A. J. & McCaw, S. T. (2012). Target heights alter the energetics of drop jumps when drop height is held constant. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12):3237-42
- de Villarreal a, S. S., Requena a, B. & Newton b, R. U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 513-522.
- Duchateau, J. & Hainaut, K. (1984). Isometric or dynamic training: differential effects on mechanical properties of a human muscle. *Journal of Applied Physiology*, 56(2), 296-301.
- Gollhofer, A. (1987). Innervation characteristics of m. gastrocnemius during landing on different surfaces. *Biomechanics X-B, Int. Series of Biomechanics* (pp. 701-706). Champaign IL: Human Kinetics.
- Gollhofer, A. & Kyroelainen, H. (1991). Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 34-40.
- Jensen R. J. & Ebben W. P. (2007). Quantifying plyometric intensity via rate of force development, knee joint, and ground reaction forces. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 763-767.
- Hakkinen, K. & Komi, P. V. (1985a). Changes in electrical and mechanical behavior of leg extensor muscles during heavy resistance strength training. *Scandinavian journal of Sport Sciences*, 7, 55-64.
- Hakkinen, K. & Komi, P. V. (1985b). The effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scandinavian journal of Sport Sciences*, 7, 65-76.
- Hofrén, M., Ishikawa, M. & Komi, P. V. (2007). Age related neuromuscular function during drop jumps. *Journal of Applied Physiology*, 103, 1276–1283.
- Kawamori, N. & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 675-684.
- Komi, P. V., Rusko, H., Vos, J. & Vihko, V. (1977). Anaerobic performance capacity in athletes. *Acta Physiologica Scandinavica*, 100, 107-114.
- Komi, P. V. & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports*, 10, 261-265.
- Komi, P. V. (1992b). *Strength and power in sport*. London: Blackwell.
- Komi P. V. & Gollhofer, A. (1997). Stretch reflex can have an important role in force enhancement during SSC-exercise. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 451-460.
- Laffaye, G., Bardy, B., Durey, A. (2005). Leg stiffness and expertise during men jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 536-543.
- Laffaye, G. & Choukou, M. A. (2010). Gender bias in the effect of dropping height on jumping performance in volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2143-2148.
- Lazaridis, S. N., Bassa, E. I., Patikas, D., Hatzikotoulas, K., Lazaridis, F. K. & Kotzamanidis, C. M. (2013). Biomechanical comparison in different jumping tasks between untrained boys and men. *Pediatric Exercise Science*, 25, 101-113.
- Lazaridis, S., Bassa, E., Patikas, D., Giakas, G, Gollhofer, A. & Kotzamanidis, C. (2010). Neuromuscular differences between prepubescent boys and adult men during drop jump. *European Journal of Applied Physiology*, 110, 67–74.
- Lees, A. & Fahmi, E. (1994). Optimal drop heights for plyometric training. *Ergonomics*, 37, 141-148.

- Leukel, C., Gollhofer, A., Keller, M. & Taube, W. (2008a). Phase- and task-specific modulation of soleus H-reflexes during drop-jumps and landings. *Experimental Brain Research*, 190, 71-79.
- Leukel, C., Taube, W., Gruber, M., Hodapp, M. & Gollhofer, A. (2008b). Influence of falling height on the excitability of the soleus H-reflex during drop-jumps. *Acta Physiologica*, 192, 569-576.
- Lin, J., Chao, Ch. & Liu, Y. (2000). The comparison of work intensity and exercise performance between short-stretch and long-stretch drop jump. In: Y. Hong, D.P. Johns, R. Sanders (eds.) *Proceedings of the 18th International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 58-61). Hong Kong, China: International Society of Biomechanics in Sports Newsletter.
- Liu, Y., Peng, C. H., Wei, S. H., Chi, J. C., Tsai, F. R. & Chen, J. Y. (2006). Active leg stiffness and energy stored in the muscles during maximal countermovement jump in the aged. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16, 342-351.
- Makaruk, H. & Sacewicz, T. (2011). The effect of drop height and body mass on drop jump intensity. *Biology and Sport*, 28, 63-67.
- Malfait, B., Sankey, S., Firhad Raja Azidin, R.M., Deschamps, K., Vanrenterghem, J., Robinson M. A., Staes, F. & Verschueren, S. (2014). How Reliable Are Lower-Limb Kinematics and Kinetics during a Drop Vertical Jump? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46, 678-685.
- Markovic, G. & Mikulic, P. (2010). Neuro-Musculoskeletal and Performance Adaptations to Lower Extremity Plyometrics. *Sports Medicine*, 40(10), 859-896.
- Матић, М., Пажин, Н., Јанковић, Н., Мрдаковић, В., Илић, Д. и Стефановић, Ђ. (2014). Оптимална висина за испољавање максималне снаге мишића код скока из саскока: утицај максималне јачине. У: Д. Митић (ур.), *Зборник сажетака са међународне научне конференције Ефекти примене физичке активности на антрополошки статус деце, омладине и одраслих* (стр. 70). Београд: Факултет спорта и физичког васпитања.
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A. & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16, 75-82.
- McClay, I., Robinson, J., Andriacchi, T., Frederick, E., Gross, T., Matin, P., Valiant, G., Williams, K. R. & Cavanagh, P. R. (1994). A profile of ground reaction forces in professional basketball. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 222-236.
- Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K. & Jensen, J. (1997). Effects of maximal effort-strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(3), 193-199.
- Мрдаковић, В. (2013). Неуромеханичка контрола извођења субмаксималних скокова (докторска дисертација). Факултет спорта и физичког васпитања, Београд.
- Николић, З. (2003). Физиологија физичке активности. Београд: Факултет спорта и физичког васпитања.
- Newton, R. & Dugan, E. (2002). Application of strength diagnosis. *NSCA*, 24(5), 50-59.
- Newton, R. U. & Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: implications for a mixed methods training strategy. *Strength & Conditioning Journal*, 1620-31.
- Пажин, Н. (2013). Испољавање и процена максималне снаге мишића у односу на карактеристике спољашњег оптерећења и утренираност (докторска дисертација). Факултет спорта и физичког васпитања Универзитета у Београду.
- Pietraszewski, B. & Rutkowska-Kucharska, A. (2011). Relative power of the lower limbs in drop jump. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 13, 13-18.

- Schmidtbleicher, D., Gollhofer, A. & Frick, U. (1988). Effects of a stretch-shortening type training on the performance capability and innervation characteristics of leg extensor muscles. De Groot, A; Hollander, A; Huijting, P. & van Ingen Schenan, G. (Eds.) *Biomechanics XIA* (pp. 185-189). Amsterdam: Free University Press.
- Schmidtbleicher, D. (1990). Training for power. Presented at the National Strength and Conditioning Association convention. San Diego.
- Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power event. In: Komi P.V. (ed) *Strength and power in sport* (pp. 381-395). London: Blackwell Scientific.
- Sinkjaer, T., Toft, E., Andreassen, S. & Hornemann, B. C. (1988). Muscle stiffness in human ankle dorsiflexors: intrinsic and reflex components. *Journal of Neurophysiology*, 60(3), 1110–1121.
- Taube, W., Leukel, C., Lauber, B. & Gollhofer, A. (2011). The drop height determines neuromuscular adaptations and changes in jump performance in stretch-shortening cycle training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22, 671-683.
- Walsh, M., Arampatzis, A., Schade, F. & Bruggemann, G. P. (2004). The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 561-566.
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J. & Humphries, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 1279-1286.
- Young, W., Pryor, J. & Wilson, J. (1995). Effect of instructions on characteristics of countermovement and drop jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9, 232-236.
- Viitasalo, J. T., Salo, A. & Lahtinen J. (1998). Neuromuscular functioning of athletes and non athletes in the drop jump. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 78, 432-440.
- Voigt, M., Simonsen, E. B., Dyhre-Poulsen, P. & Klausen, K. (1994). Mechanical and muscular factors influencing the performance in maximal vertical jumping after different prestretch loads. *Journal of Biomechanics*, 28, 293–307.
- Zatsiorsky V. M. i Kraemer W. J. (2009). *Nauka i praksa u treningu snage*. Beograd: DataStatus.