



Polona Palma¹,
Keli Mikulin¹

Preventivni vadbeni program PEP za zmanjševanje poškodb kolena pri športnicah

Izvleček

Uvod: Živčno-mišični preventivni programi naj bi izboljšali občutek za položaj sklepa, povečali stabilnost sklepa in razvili varovalne mehanizme, s katerimi bi zmanjšali možnost poškodb spodnjega uda. Mednje spada tudi program za preprečevanje poškodb kolena in izboljšanje izvedbe športnih aktivnosti (angl. *Prevent injury, enhance performance* – PEP). **Namen:** Analizirati učinkovitost programa PEP za zmanjševanje poškodb kolena pri nogometašicah in košarkaricah. **Metode dela:** Pregled literature je potekal v podatkovnih zbirkah PubMed, Pedro, Cochrane Library in Dikul. Uporabili smo določene ključne besede v angleščini v različnih kombinacijah. **Rezultati:** Vključenih je bilo osem raziskav. V dveh raziskavah so ugotovili zmanjšano incidenco poškodb kolena oz. sprednje križne vezi, v treh raziskavah izboljšanje različnih parametrov pri doskoku, v dveh raziskavah izboljšanje mišičnega ravnovesja med zadnjimi stegenskimi mišicami in mišico kvadriceps, nobena od treh raziskav pa ni ugotovila izboljšanja višine vertikalnega skoka. **Zaključek:** Program PEP je učinkovit pri zmanjševanju poškodb kolena, izboljšanju biomehanike kolena pri doskoku ter ravnovesja moči med fleksorji in ekstenzorji kolena. Nima pa vpliva na izboljšanje izvedbe športnih aktivnosti.

Ključne besede: program PEP, poškodba kolena, poškodba sprednje križne vezi, živčno-mišični preventivni program, športnice.



PEP preventive exercise program for reducing knee injuries among female athlete

Abstract

Introduction: Neuro-muscular prevention programs are designed to improve the joint position sense, increase joint stability, and develop protective mechanisms to reduce the chance of lower limb injury. One of these programs is called »Prevention injury, enhance performance – PEP«. **Purpose:** To analyse effects of PEP program on the prevention of knee injuries in female football and basketball players. **Methods:** A literature review was conducted in databases PubMed, Cochrane library, Dikul and Pedro. Keywords in English were used in different combinations. **Results:** Eight studies were included. In two of them reduced incidence of knee injuries or anterior cruciate ligaments injuries, in three studies improved different parameters of landing and in two studies improved muscle balance between the hamstring and the quadriceps muscle, were determined. None of the three studies founded improvement in vertical jump height. **Conclusions:** The PEP program is effective in reducing knee injuries, improving knee biomechanics at landing, and muscular balance between knee flexors and extensors muscles. However, it has no influence on improving the performance of sports activities.

Keywords: PEP program, knee injury, ACL injury, neuro-muscular prevention program, female athletes.

¹Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana

■ Uvod

Akutne poškodbe spodnjega uda, zlasti poškodbe gležnja in kolena, predstavljajo pogost in resen problem v ekipnih športih. Športnice imajo v primerjavi s športniki 3–5-krat višje tveganje za resno poškodbo kolena pri športih, kot so nogomet, košarka in odbojka (Grimm idr., 2015). Pri poškodbi kolena se najpogosteje poškodujejo vezi ali meniskusi. Sprednja križna vez (SKV) je lahko poškodovana tudi brez vpliva zunanjih sil na koleno. Takšni poškodbi pravimo nekontaktna poškodba SKV (Silvers in Mandelbaum, 2007). Tipično se nekontaktna poškodba SKV zgodi, ko je stopalo v stiku s podlago v fazi nenadnega zaustavljanja v kombinaciji s hitro spremembo smeri gibanja (Silvers in Mandelbaum, 2007). Noyes in sodelavci (2005) poročajo, da se 58–61 % nekontaktnih poškodb SKV zgodi pri doskoku. Mehanizem poškodbe SKV je povezan z zmanjšano lateralno kontrolo kolka, zmanjšano aktivnostjo zadnjih stegenskih mišic (ZSM), počasnim krčenjem mišičnih vlaken, zmanjšanim kotom fleksije kolena pri doskoku ter zmanjšano stabilnostjo trupa. Pojavi se tudi dinamični valgus kolena, ki je povezan z zmanjšanim kotom fleksije kolena in kolka ter proniranim stopalom pri doskoku (Brophy idr., 2010). Doskok z nepravilno poravnavo telesa, proniranim stopalom in prisotnim dinamičnim valgusom vodi v povečano tveganje za poškodbe kolena (Hewett idr., 2005). Ustrezna aktivacija mišic lahko zmanjša dinamični valgus kolena (Markolf idr., 1995). Koaktivacija ZSM in mišice kvadriceps naj bi zaščitila kolenski sklep pred prevelikim sprednjim predalčnim fenomenom in dinamičnim valgusom kolena (Besier idr., 2003). ZSM delujejo kot sinergist SKV in lahko potisnejo golenico nazaj glede na stegnenico ter s tem zmanjšajo obremenitev na SKV. Poleg tega lahko tudi povečajo fleksijo kolena pri doskoku, kar mišicam omogoča boljši položaj pri absorpciji sil (Hewett idr., 2010). Zmanjšana moč in aktivacija ZSM zmanjšata mišično koaktivacijo za zaščito vezivnega aparata (Hewett idr., 2005).

Na osnovi razumevanja anatomije in biomehanike kolenskega sklepa ter dejavnikov tveganja za poškodbo kolena z ugotovljenimi razlikami med spoloma se je začel razvoj preventivnih vadbenih programov (Renstrom idr., 2008). Z namenom zagotoviti čim večji učinek preventivnih programov za zmanjšanje možnosti poškodb spodnjega uda je priporočljivo, da so živčno-mišični preventivni programi

multifaktorsko zgrajeni (Voskanian, 2013). Santa Monica orthopaedic in Sport medicine research foundation sta leta 1999 razvila preventivni živčno-mišični program PEP (angl. *Prevent injury, enhance performance*) z namenom nadomestiti klasično 20-minutno ogrevanje nogometašic pred treningi. Sestavljen je iz treh osnovnih vaj teka, petih razteznih vaj za mišice spodnjega uda, treh vaj za povečanje mišične zmogljivosti, petih pliometričnih vaj in treh vaj, ki so za nogomet specifične vaje spretnosti (Noyes in Barber-Westin, 2012). Cilji programa PEP so: izogibanje kritičnim položajem spodnjega uda, povečanje gibljivosti spodnjega uda, povečanje mišične moči mišic okrog kolena, vključevanje pliometričnih vaj v trening in izboljšanje propriocepcije skozi izvajanje športno specifičnih spretnosti (USF Health).

Namen tega pregleda literature je bil na podlagi izsledkov raziskav analizirati učinkovitost programa PEP za zmanjševanje poškodb kolena pri nogometašicah in košarkaricah.

■ Metode

Pregledali smo podatkovne zbirke PubMed, Pedro, Cochrane Library in Dikul. Ključne besede v angleškem jeziku (program PEP, *prevent injury and enhance performance program, knee injury, ACL injury, neuro-muscular prevention program, female, sport injury*) so bile uporabljene v različnih kombinacijah z veznikom AND in OR. Vključene so bile raziskave, v katerih so izvajali program PEP ali modificirano obliko programa PEP pri nogometašicah ali košarkaricah in so učinkovitost vadbenih programov preverjali s številom novonastalih poškodb kolena in/ali biomehanskimi meritvami kolenskega sklepa ter mišičnega ravnovesja med fleksorji in ekstenzorji kolena.

■ Rezultati

V pregled smo zajeli osem raziskav, ki so bile objavljene med letoma 2005 in 2018. Vključene raziskave so se razlikovale po številu in starosti preiskovank, po vrsti športa,

Tabela 1
Značilnosti vključenih preiskovank

Avtorji	Starost (leta)	Število preiskovank	Predhodne poškodbe
Mandelbaum idr., 2005	14–18	Obe sezoni: N: 5703 Sezona 2000: R: 1041, K: 1905 Sezona 2001: R: 844, K: 1913	NP
Pollard idr., 2006	14–17; Povprečna 14,9	N: 18	Izključene iz raziskave: poškodba SKV, poškodba kolena, nevrološki izpadi.
Gilchrist idr., 2008	Povprečna 19,9	N: 1435 R: 583, K: 852	Vključene v raziskavo: tudi s predhodno poškodbo SKV.
Soligard idr., 2008	13–17; Povprečna R in K: 15,4 ± 0,7	N: 1892 R: 1055, K: 837	NP
Lim idr., 2009	15–17; Povprečna R: 16,2 ± 1,2 K: 16,1 ± 1,0	N: 22 R: 11, K: 11	NP
Vescovi in van Heest, 2010	13–18; Povprečna R: 15,7 ± 1,2 K: 16,8 ± 0,4	N: 31 R: 15, K: 16	Vključene v raziskavo: brez predhodnih poškodb.
Pollard idr., 2017	11–17; Povprečna 13,5	N: 25	Izključene iz raziskave: poškodba SKV, poškodba kolena, nevrološki izpadi.
Rodriguez idr., 2018	Povprečna 17,85 ± 0,62	N: 20	Vključene v raziskavo: brez predhodnih poškodb.

Legenda: N – št. vseh preiskovank; R – raziskovalna skupina; K – kontrolna skupina; NP – ni podano.

s katerim so se preiskovanke ukvarjale, in po prisotnosti predhodnih poškodb. Se-dem raziskav (Mandelbaum idr., 2005; Pollard idr., 2006; Gilchrist idr., 2008; Soligard idr., 2008; Vescovi in van Heest, 2010; Pollard idr., 2017; Rodriguez idr., 2018) je vključevalo nogometašice, le raziskava Lim in sodelavcev (2009) je vključevala košarkarice. Velikost vzorca je bila od najmanj 18 preiskovank (Pollard idr., 2006) do največ 5703 preiskovank (Mandelbaum idr., 2005). Starost preiskovank se je gibala od 11 let (Pollard idr., 2017) do 19,9 let (Gilchrist idr., 2008). Samo v raziskavo Gilchrist in sodelavcev (2008) so bile vključene tudi preiskovanke s predhodno poškodbo kolena. Glavne značilnosti preiskovank in merila za vključitev v raziskavo so predstavljeni v Tabeli 1.

V vse raziskave je bil poleg običajnega treninga vključen program PEP. V dveh raziskavah so izvajali modificirano obliko programa PEP – v raziskavi Lim in sodelavci (2009) so izvajali program SIPTP (angl. *Sports injury prevention training program*), v raziskavi Soligard in sodelavci (2008) pa kombinacijo programov PEP in The 11. Najkrajši čas izvajanja programa je bil osem tednov (Lim idr., 2009), najdaljši pa osem mesecev (Soligard idr., 2008). Dolžina ene vadbene enote je bila v vseh raziskavah enaka in je trajala 20 minut. Frekvenca vadbe je bila od najmanj dvakrat na teden (Pollard idr., 2017) do največ petkrat na teden (Soligard idr., 2008) (Tabela 2).

Samo v dveh raziskavah (Gilchrist idr., 2008; Soligard idr., 2008) so avtorji spremljali število vseh poškodb kolena. Soligard in sodelavci (2008) so dokazali statistično razliko med raziskovalno in kontrolno skupino v številu vseh poškodb kolena (Tabela 3). Število poškodb SKV so beležili v treh raziskavah (Mandelbaum idr., 2005; Gilchrist idr., 2008; Rodriguez idr., 2018). Mandelbaum in sodelavci (2005) so dokazali, da lahko s programom PEP statistično značilno zmanjšajo incidenco poškodb SKV. Incidenca poškodb je bila izračunana na podlagi števila ur izpostavljenosti poškodbam (treningi ali tekma), in sicer za poškodbe kolena in SKV posebej (Tabela 3).

V dveh raziskavah (Pollard idr., 2006; Pollard idr., 2017) so primerjali vpliv programa PEP na parametre pri doskoku (Tabela 4). V obeh so merili fazo zaviranja pri doskoku, od tega so Pollard in sodelavci (2006) v raziskavi merili le začetni del, ki je bil definiran kot 20 % delež celotnega globinskega skoka. Meritve so opravili le na dominan-

Tabela 2

Značilnosti vadbenih programov

Avtorji	Vadbeni program	Trajanje programa	Frekvenca vadbe
Mandelbaum idr., 2005	R: Trening + PEP K: Trening	2 sezoni	2–3x na teden
Pollard idr., 2006	Trening + PEP	1 sezona	2–3x na teden
Gilchrist idr., 2008	R: Trening + PEP K: Trening	1 sezona	3x na teden
Soligard idr., 2008	R:Trening+ Kombinacija »The 11« + PEP K: Trening	1 sezona (8mesecev)	2–5x na teden
Lim idr., 2009	R: Trening + Modificiran PEP (SIPTP) K: Trening	8 tednov	Vsi treningi
Vescovi in vanHeest, 2010	R: Trening + PEP K: Trening	12 tednov	3x na teden
Pollard idr., 2017	Trening + PEP	12 tednov	2x na teden
Rodriguez idr., 2018	Trening + PEP	1 sezona (24 tednov)	3x na teden

Legenda: R – raziskovalna skupina; K – kontrolna skupina.

Tabela 3

Vpliv programa PEP na število vseh poškodb kolena oz. SKV

Avtorji	Število vseh poškodb kolena	Število poškodb SKV	Incidenca (poškodb / 1000 AE)	Rezultati v %
Mandelbaum idr., 2005	NP	Sezona 2000: R: 2 K: 32 (p = 0,001) Sezona 2001: R: 4 K: 35 (p = 0,0047)	Poškodb SKV: Sezona 2000: R: 0,05 K: 0,47 Sezona 2001: R: 0,13 K: 0,51	88 % (sezona 2000) in 77 % (sezona 2001) manj poškodb SKV v R (p < 0,05)
Gilchrist idr., 2008	R: 40 K: 58 (p = 0,863)	R: 7 K: 18 (p = 0,198)	Vseh poškodb kolena: R: 1,136 K: 1,096 (p > 0,05) Poškodb SKV: R: 0,199 K: 0,340 (p < 0,05)	
Soligard idr., 2008	R: 35 K: 58 (p = 0,005)	NP	Vseh poškodb kolena: R: 0,7 K: 1,3 (p < 0,05)	
Rodriguez idr., 2018	NP	Nobena poškodba SKV ni bila zabeležena.	Vseh poškodb kolena: Pred PEP: 8,73 poškodb/1000 ur igre 6,45 poškodb/1000 ur treninga Po PEP: 14,4 poškodb/1000 ur igre 5,4 poškodb /1000 ur treninga	

Legenda: AE – izpostavljenost poškodbam na 1000 ur treninga in igre (angl. athletic exposure), R – raziskovalna skupina; K – kontrolna skupina.

Tabela 4

Vpliv programa PEP na različne parametre pri doskoku

Avtorji	Parametri	Meritve		Razlika (statistična značilnost)
		Pred PEP	Po PEP	
Pollard idr., 2006	Abdukcija kolka (°)	-4,9*	-7,7*	-2,8 (p = 0,02)
	Notranja rotacija kolka (°)	7,1	1,9	-5,2 (p = 0,01)
	Valgus kolena (°)	1,6	-0,1†	-1,7 (p = 0,15)
	Fleksija kolena (°)	59,2	56,1	-3,1 (p = 0,34)
Lim idr., 2009	Fleksija kolena (°)	R = 92,7 K = 91,7	R = 94,3 K = 87,3	R pred in po: 1,6 (p = 0,024) R in K po: 7 (p = 0,023)
	Medkolenska razdalja (cm)	R: 17,56 ± 2,92 K: 18,31 ± 3,66	R: 20,81 ± 1,37 K: 17,73 ± 2,26	R pred in po: 3,25 (p = 0,004) R in K po: 3,08 (p = 0,005)
Pollard idr., 2017	Povprečni navor ekstenzorjev kolena (Nm/kg)	1,3	1,18	-0,12 (p = 0,03)
	Povprečni navor ekstenzorjev kolka (Nm/kg)	0,68	0,77	0,09 (p = 0,07)
	Absorpcija energije pri ekstenziji kolena (W/kg)	373,77	346,43	-27,34 (p = 0,11)
	Absorpcija energije pri ekstenziji kolka (W/kg)	129,79	150,75	20,96 (p = 0,04)
	Razmerje navora ekstenzorjev kolena in kolka	2,34	1,76	-0,58 (p = 0,05)
	Razmerje absorpcije energije pri ekstenziji kolena in kolka	3,18	2,58	-0,6 (p = 0,03)
Rodriguez idr., 2018	Medkolenska razdalja (%)	40,76 ± 8,3	45,55 ± 12,22	5% (p > 0,05)

Legenda: * – negativna vrednost kaže na abdukcijo kolka; † – negativna vrednost kaže na varus kolena; R – raziskovalna skupina; K – kontrolna skupina.

Tabela 5

Vpliv programa PEP na ravnovesje moči med ZSM in mišico kvadriceps

Avtorji	Parametri	Meritve		Razlika
		Pred PEP	Po PEP	
Lim idr., 2009	Razmerje H-Q (%)	R: 0,76 K: 0,75	R: 0,68 K: 0,74	R pred in po: 0,08 (p = 0,023) R in K po: 0,06 (p = 0,021)
Rodriguez idr., 2018	Razmerje Q-H – desno	3,38	2,3	1,08
	Razmerje Q-H – levo	1,99	1,09	0,9

Legenda: Razmerje H-Q – razmerje ZSM-mišice kvadriceps; Razmerje Q-H – razmerje mišice kvadriceps-ZSM; R – raziskovalna skupina; K – kontrolna skupina.

Tabela 6

Vpliv programa PEP na višino vertikalnega skoka

Avtorji	Višina vertikalnega skoka (cm)		
	Pred PEP	Po PEP	Razlika
Lim idr., 2009	R: 22,9 ± 3,4 K: 22,4 ± 4,4	R: 23,9 ± 1,8 K: 22,4 ± 4,8	R pred in po: 1,0 (p = 0,674) R in K po: 1,5 (p = 0,512)
Vescovi in vanHeest, 2010	R slabša od K	R min. boljša od K	R pred in po: (p = 0,30) R in K po (p > 0,05)
Rodriguez idr., 2018	24,97 ± 3,2	26,1 ± 3,7	1,12 (p > 0,05)

Legenda: R – raziskovalna skupina; K – kontrolna skupina; SR.

tнем spodnjem ud, saj so preiskovanke doskočile na dve pritiskovni plošči. Meritve absorpcije energije na nivoju kolena in kolka so izvedli z integracijo ustrezne krivulje moči med zaviralno fazo doskoka. Meritve fleksije kolena pri doskoku so merili v dveh raziskavah. Pollard in sodelavci (2006) so merili doskok pri globinskem skoku, medtem ko so Lim in sodelavci (2009) merili doskok pri vertikalnem skoku (Tabela 4). V dveh raziskavah (Lim idr., 2009; Rodriguez idr., 2018) so merili medkolensko razdaljo pri doskoku iz vertikalnega skoka (Tabela 4).

Lim in sodelavci (2009) so merili razmerje moči med ZSM in mišico kvadriceps (H – Q), medtem ko so Rodriguez in sodelavci (2018) mišično ravnovesje definirali kot razmerje moči med mišico kvadriceps in ZSM (Q – H), torej ravno obratno. Statistično pomembno razliko so Lim in sodelavci (2009) opazili pri meritvah pred in po programu PEP v raziskovalni skupini ter med raziskovalno in kontrolno skupino po opravljenem programu PEP. Rodriguez in sodelavci (2018) so tako na levi kot na desni nogi uspeli zmanjšati razmerje Q – H (Tabela 5).

Tri raziskave so merile višino vertikalnega skoka pred in po opravljenem programu PEP (Lim idr., 2009; Vescovi, vanHeest, 2010; Rodriguez idr., 2018), vendar v nobeni od raziskav niso ugotovili statistično pomembnih razlik po izvedenem programu (Tabela 6).

Razprava

V pregledanih raziskavah so bile vključene nogometašice in košarkarice. Nogomet in košarka sta po naravi igre različna športa, vendar oba vsebujeta elemente, ki povečujejo tveganje za poškodbo SKV. Mandelbaum in sodelavci (2005) so z rednim izvajanjem programa PEP dokazali statistično pomembno zmanjšanje poškodb SKV, in sicer v prvi sezoni 88 odstotno, v drugi sezoni pa 77 odstotno zmanjšanje števila poškodb SKV. Omejitve omenjene raziskave je, da ni bila naključna in so nogometašice v raziskovalni skupini imele večjo motivacijo pri izvajanju preventivnega vadbenega programa. Kljub nenaključnosti pa so avtorji poskrbeli za dovolj velik vzorec, ki je primerljiv po starosti in nogometnem znanju. Soligard in sodelavci (2008) so prav tako ugotovili statistično pomembno zmanjšanje števila poškodb kolena, vendar je bil v tej raziskavi program PEP kombiniran s programom The 11. Največja razlika v primerjavi z osnovnim programom

PEP je vidna v večjem poudarku na vajah teka. Poleg tega kombiniran program ne vključuje razteznih vaj. Osrednji del vadbe pa je razdeljen na šest temeljnih vaj. Vsaka od teh vaj ima tri stopnje zahtevnosti izvedbe vaje, kar omogoča večjo variabilnost v primerjavi z osnovnim programom PEP. Zaradi kombinacije obeh preventivnih programov ne moremo z gotovostjo trditi, da je program PEP kot samostojni program dovolj učinkovit. V nasprotju s predhodnimi ugotovitvami pa Gilchrist in sodelavci (2008) niso prišli do nobenih statistično pomembnih zmanjšanj števila poškodb kolena in SKV. Ugotovili pa so statistično pomembno zmanjšanje števila nekontaktnih poškodb SKV pri nogometašicah, ki so imele že predhodno poškodovano SKV.

V dveh raziskavah (Pollard idr., 2006; Lim idr., 2009) so opravili različne meritve pri globinskem skoku, zato rezultate raziskav medsebojno težko primerjamo. Pollard in sodelavci (2006) menijo, da lahko kombinacija treninga in programa PEP vpliva na spremembo kinematike spodnjega uda, natančneje kinematike gibanja kolka. Avtorjem je uspelo dokazati, da se v zgodnji fazi doskoka zmanjša notranja rotacija in poveča abdukcija kolka. Pri pregledu videoposnetkov mehanizma nekontaktnih poškodb SKV je vidno, da je povečana notranja rotacija v kolku faktor tveganja za poškodbo SKV (Boden idr., 2000). Prav tako je lahko povečana abdukcija kolka povezana z zmanjšano možnostjo poškodbe SKV, saj povečana abdukcija kolka povzroči dinamični valgus kolena, kar poveča obremenitev na SKV in lahko vodi v poškodbo (Markolf idr., 1995). V raziskavah (Ford idr., 2003; Lephart idr., 2002; Malinzak idr. 2001) so že poročali, da imajo športnice pri doskoku manjšo fleksijo kolena in večji dinamični valgus v primerjavi s športniki. Lim in sodelavci (2009) so pri doskoku ugotovili povečanje fleksije kolena za 7° v raziskovalni skupini. Povečanje fleksije kolena pri doskoku je predvsem pomembno zaradi pravilne absorpcije sil (Hewett idr., 2010). Pollard in sodelavci (2006) navajajo, da v njihovi raziskavi do statističnih razlik najverjetneje ni prišlo zaradi testiranja sonožnega doskoka. Menijo, da bi bile meritve enonožnega doskoka boljša izbira za ugotavljanje sprememb kinematike gibanja spodnjega uda ob doskoku. Prav tako so tudi Pollard in sodelavci (2017) ugotavljali učinek programa PEP na spremembo kinematike gibanja spodnjega uda pri globinskem skoku. Pri preiskovankah se je po opravljenem programu PEP zmanjšala aktivacija ekstenzor-

jev kolena ob doskoku in povečala aktivacija ekstenzorjev kolka. Ženske so namreč bolj izpostavljene pojavi dominance mišice kvadriceps, ki vodi v zmanjšano ravnovesje moči ZSM in mišice kvadriceps ter s tem v povečano obremenitev SKV (Hewett idr., 2010). Zmanjšana aktivacija ekstenzorjev kolena in večja aktivacija mišic kolka torej pripomoreta k zmanjšanemu delovanju strižnih sil na SKV. Pollard in sodelavci (2017) predpostavljajo, da obstaja tudi možnost, da ni prišlo do povečanja moči mišic kolka, ampak da so preiskovanke razvile boljšo gibalno strategijo, ki učinkoviteje aktivira mišice spodnjega uda.

Izboljšanje doskoka lahko merimo tudi z meritvami medkolenske razdalje ob doskoku. Lim in sodelavci (2009) so izmerili razdaljo med koleni v frontalni ravnini, medtem ko so Rodriguez in sodelavci (2018) uporabili izračun na podlagi izmerjene razdalje med kolki in koleni, prav tako v frontalni ravnini. Lim in sodelavci (2009) so po vadbi ugotovili povečanje medkolenske razdalje za 3,25 cm, Rodriguez in sodelavci (2018) pa samo za 5 %. Barber-Westin in sodelavci (2010) so klasificirali, da se je medkolenska razdalja izboljšala le, če je bila po preventivnem vadbenem programu vrednost za 20 % večja kot pred izvajanjem programa. V raziskavi Rodriguez in sodelavcev (2018) so samo štiri preiskovanke dosegle povečanje vrednosti za 20 %, celotna skupina pa samo za 5 %. Noyes in sodelavci (2005) menijo, da so meritve položaja spodnjega uda ob doskoku ključnega pomena za razvrščanje športnikov, ki so bolj izpostavljeni možnosti za poškodbo SKV.

Dve raziskavi (Lim idr., 2009; Rodriguez idr., 2018) sta merili ravnovesje moči med mišico kvadriceps in ZSM. Avtorji omenjenih raziskav so po opravljenem programu PEP uspešno zmanjšali razmerje moči med mišico kvadriceps in ZSM. Rodriguez in sodelavci (2018) namreč menijo, da lahko razmerje moči med mišico kvadriceps in ZSM, ki je večje od 1,6, privede do poškodbe kolena.

Višina vertikalnega skoka se po koncu izvajanja programa PEP v nobeni od treh raziskav (Lim idr., 2009; Vescovi, VanHeest, 2010; Rodriguez idr., 2018) ni izboljšala. Vescovi in vanHeest (2010) navajata, da je sprememba v višini vertikalnega skoka odvisna predvsem od izvajanja pliometričnih vaj v preventivnem vadbenem programu – torej, ali je poudarek na zmanjšanju sil na koleno pri doskoku ali na maksimalni hitrosti izvedbe skoka. Če se športnik osre-

dotoči zgolj na zmanjšanje delovanja sil pri doskoku in ne na maksimalno hitrost izvedbe skoka, potem se po preventivnem vadbenem programu izvedba oz. višina vertikalnega skoka ne bo izboljšala (Cronin idr., 2002).

■ Zaključek

Program PEP vsebuje vse potrebne komponente preventivnega vadbenega programa: raztezanje mišic spodnjih udov, vaje za ravnotežje, vaje za izboljšanje mišične zmogljivosti mišic kolena, športno specifične vaje spretnosti in učenje pravilne tehnike doskoka. Z rednim izvajanjem programa PEP se zmanjša število poškodb kolena in SKV, izboljša se tehnika doskoka in izboljša ravnovesje moči med mišico kvadriceps in ZSM.

■ Literatura

1. Barber-Westin, S.D., Smith, S.T., Campbell, T. in Noyes, F.R. (2010). The drop-jump video screening test: retention of improvement in neuromuscular control in female volleyball players. *J Strength Cond Res*, 24(11): 3055–62.
2. Besier, T.F., Lloyd, D.G. in Ackland, T.R. (2003). Muscle activation strategies at the knee during running and cutting maneuvers. *Med Sci Sports Exerc*, 35(1): 119–27.
3. Boden, B.P., Dean, G.S., Feagin, J.A., Garrett, W.E. (2000). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, 23(6): 573–8.
4. Brophy, R., Silvers, H.J., Gonzales, T. in Mandelbaum, B.R. (2010). Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *Br J Sports Med*, 44(10): 694–7.
5. Cronin, J.B., McNair, P.J. in Marshall, R.N. (2002). Is velocity-specific strength training important in improving functional performance? *J Sports Med Phys Fitness*, 42(3): 267–73.
6. Ford, K.R., Myer, G.D. in Hewett, T.E. (2003). Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc*, 35(10): 1745–50.
7. Gilchrist, J., Mandelbaum, B.R., Melancon, H. idr. (2008). A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med*, 36(8): 1476–83.
8. Grimm, N.L., Jacobs, J.C., Kim, J., Denney, B.S. in Shea, K.G. (2015). Anterior cruciate ligament and knee injury prevention programs for soccer players: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med*, 43(8): 2049–56.
9. Hewett, T.E., Myer, G.D., Ford, K.R. idr. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular

- control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med*, 33(4): 492–501.
10. Hewett, T. E., Ford, K. R., Hoogenboom, B. J. in Myer, G. D. (2010). Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *N Am J Sports Pshy Ther*, 5(4): 234–51.
 11. Lephart, S. M., Ferris, C. M., Riemann, B. L., Myers, J. B. in Fu, F. H. (2002). Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. *Clin Orthop Rel Res*, 401: 162–9.
 12. Lim, B. O., Lee, Y. S., Kim, J. G., An, K. O., Yoo, J. in Kwon, Y. H. (2009). Effects of sports injury prevention training on the biomechanical risk factors of anterior cruciate ligament injury in high school female basketball players. *Am J Sports Med*, 37(9): 1728–34.
 13. Malinzak, R. A., Colby, S. M., Kirkendall, D. T., Yu, B. in Garrett, W. E. (2001). A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech*, 16(5): 438–45.
 14. Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J. in Watanabe, D. S., idr. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med*, 33(7): 1003–10.
 15. Markolf, K. L., Burchfield, D. M., Shapiro, M. M., Shepard, M. F., Finerman, G. A. in Slauterbeck, J. L. (1995). Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *J Orthop Res*, 13(6): 930–5.
 16. Noyes, F. R., Barber-Westin, S. D., Fleckenstein, C., Walsh, C. in West, J. (2005). The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *Am J Sports Med*, 33(2): 197–207.
 17. Noyes, F. R. in Barber-Westin, S. D. (2012). Anterior cruciate ligament injury prevention training in female athletes: a systematic review of injury reduction and results of athletic performance tests. *Sports health*, 4(1): 36–46.
 18. Pollard, C. D., Sigward, S. M., Ota, S., Langford, K. in Powers, C. M. (2006). The influence of in-season injury prevention training on lower-extremity kinematics during landing in female soccer players. *Clin J Sport Med*, 16(3): 223–7.
 19. Pollard, C. D., Sigward, S. M. in Powers, C. M. (2017). ACL injury prevention training results in modification of hip and knee mechanics during a drop-landing task. *Orthop J Sports Med*, 5(9): 1–7.
 20. Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E. idr. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med*, 42(6): 394–412.
 21. Rodriguez, C., Echegoyen, S. in Aoyama, T. (2018). The effects of „Prevent injury and enhance performance program“ in a female soccer team. *J Sports Med Phys Fitness*, 58(5): 659–63.
 22. Silvers, H. J. in Mandelbaum, B. R. (2007). Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *Br J Sports Med*, 41(1): i52–9.
 23. Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K. idr. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ*, 337: 1–9.
 24. USF Health – University of South Florida. PEP program. Dostopno na: <http://health.usf.edu/medicine/orthopaedic/smart/pep/<16.11.2019>>
 25. Vescovi, J. D. in vanHeest, J. L. (2010). Effects of an anterior cruciate ligament injury prevention program on performance in adolescent female soccer players. *Scand J Med Sci Sports*, 20(3): 394–402.
 26. Voskanian, N. (2013). ACL injury prevention in female athletes: review of the literature and practical considerations in implementing an ACL prevention program. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 6(2): 158–63.

dr. Polona Palma, dipl. fiziot., prof. šp. vzg.
Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta,
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana
polona.palma@zf.uni-lj.si