

Primerjava skoka človeka in žabe

Veronika Vodnik

Ljudje se radi postavljamo s svojimi fizičnimi, športnimi sposobnostmi in se pri tem velikokrat počutimo večvredni. Če pa se primerjamo z drugimi vrstami, ugotovimo, da so gibalne sposobnosti nekaterih živali bistveno boljše. Raziskavo je spodbudilo navdušenje nad skakalnimi dosežki žab, ki - glede na telesne dimenzije - z mesta skačejo izjemno daleč. Skok z mesta ne sodi med pogoste načine človeškega premikanja, več ga uporabljamo pri premagovanju ovir, je pa to ena od disciplin pri preverjanju fizičnih sposobnosti otrok.

Skok v daljino z mesta

Človek je z mesta sposoben skočiti tudi več kot tri metre. Skok v daljino z mesta je bil v letih od 1900 do 1912 uradna disciplina na olimpijskih igrah. Čeprav danes na tekmovanjih ni uvrščen med atletske discipline, pa se ga za testiranje poslužujejo marsikje na svetu. Svetovni rekord Byrona Jonesa znaša 3,73 metra. Postavljen je bil na testiranjih igralcev ameriškega nogometa (NFL scouting combine) leta 2015 (<http://www.nfl.com/news/story/0ap3000000473764/article/byron-jones-record-combine-jump-a-foot-longer-than-i-expected>; 12. 9. 2017).

Skok v daljino z mesta je ena od enajstih disciplin, v katerih se od leta 1981 preizkušajo tudi slovenski šolarji in dijaki v okviru testiranja za športnovzgojni karton (Kovač in sod., 2013; <http://www.slofit.org/> 21.9.2017). Povprečni rezultati testiranja skoka v daljino za fante starosti od 15 do 18 let se gibljejo od 2,08 do 2,23 metra, dekleta iste starosti pa dosežajo rezultate okoli 1,70 metra (Starc in sod., 2010). Rezultati testiranja za športnovzgojni karton kažejo, da so gimnazijci in gimnazijke bolj telesno

zmogljivi kot njihovi vrstniki v srednjetečni izobraževanju, ti pa bolj od dijakov in dijakinj poklicnih šol. Prav tako boljše rezultate dosegajo dijaki, ki so bolj telesno dejavni in zato tudi bolj telesno zmogljivi (Kovač in sod., 2013; Starc in sod., 2010). Znanstvenih podatkov o dolžinah žabjih skokov je razmeroma malo, razberemo jih lahko iz biomehanskih in fizioloških raziskav na izbranih vrstah žab. Največ podatkov o dolžini skoka žab je tako s tekmovanj v žabjih skokih. V Združenih državah Amerike vsako leto v majhnih skupnostih potekajo tekmovanja v žabjih skokih kot del kulturne tradicije. V Sloveniji so vse dvoživke zaščitene, zato podobnih tekmovanj nimamo.

Namen in hipoteze raziskave

Namen raziskave je bil preveriti, kakšne so skakalne sposobnosti dijakov izbrane gimnazije (Gimnazije in srednje šole Rudolfa Maistra Kamnik) in kako so njihovi dosežki pri skakanju povezani z njihovimi telesnimi lastnostmi, telesno aktivnostjo in tehniko skoka. Pri tem sem želela uporabiti preprost način merjenja sil in kotov, ki ga omogoča merilna oprema, ki jo uporabljajo v didaktične namene.

Pri raziskavi sem si postavila tudi nekaj hipotez. Domnevala sem, da bodo dijaki/diakinje, ki redno trenirajo, skočili/-e dlje kot netrenirani dijaki/diakinje. Ker lahko skačemo z različno tehniko, sem predvidevala, da je z zamahom rok skok daljši ter da na dolžino skoka vpliva vložena moč ob odskoku. V prvi vrsti pa sem želela primerjati fizikalne lastnosti skoka dijakov in žab ter pokazati, zakaj gredo skoki žabam »bolje od nog«. Menila sem tudi, da bodo odzivni

koti dijakov podobni odzivnim kotom žab ter da bo učinkovitost vložene energije na enoto mase glede dolžine skoka pri žabah večja kot pri človeku.

Potek raziskovanja

Za poskuse z žabami sem izbrala zeleno žabo (*Rana klepton esculenta*). Lov žab sem opravila konec junija leta 2015 v ribniku Botaničnega vrta Univerze v Ljubljani. Lov je dovolilo vodstvo Botaničnega vrta, poskušala sem ga izvesti na način, ki bi bil za živali čim manj stresen. Pri poskusih je sodelovalo sedem žab, ki so opravile po deset skokov. Po petih dneh ujetništva, med katerim sem jim zagotovila optimalno oskrbo, sem jih vrnila v ribnik, kjer smo jih izlovili. Pri poskusih v skoku v daljino so sodelovali dijaki in dijakinje Gimnazije in srednje šole Rudolfa Maistra Kamnik. V poskusu so bili udeleženi dijaki iz različnih letnikov in različnih smeri šolanja. Vključenih je bilo 23 deklet in 37 fantov, od tega je bilo 8 športnic, 15 nešportnic ter 22 športnikov in 15 nešportnikov. Vsak je opravil po deset skokov. Izmed vseh dijakov sem izbrala šest dijakov, katerih skoke sem podrobneje analizirala.

Pred začetkom testiranja sem vsakemu dijaku in dijakinji izmerila telesno maso (m), telesno višino (h), dolžino stopala ter dolžino goleni. Žabe pa sem stehala in jim prav tako izmerila dolžino stopala, goleni ter dolžino kraka (d_k).

Skakalce sem testirala na posebej prirejenih poligonih, katerih glavni del je bilo odskočno mesto z merilnikom sil oziroma silomerom. Pri poligonu za žabe je bilo to odskočno mesto opremljeno s silomeri (Dual Range Force Sensor, Vernier, Beaverton, OR ZDA), pri poligonu za dijake pa smo uporabili merilno ploščo sil (Force Plate, Vernier, Beaverton, OR ZDA). V obeh primerih sem merila navpično komponento sile (silo F_y oziroma njeno spremembo v času), s katero skakalec med odskokom v smeri odziva deluje na podlago (slika 1). Pri tem

je po 3. Newtonovem zakonu sila skakalca na podlago F_y nasprotno enaka sili podlage na skakalca. Na sliki sila F_x predstavlja silo lepenja v trenutku odziva skakalca. Vektorska vsota sil F_y in F_x predstavlja odzivno silo F .

Izračunala sem jo po enačbi $F = \frac{F_y}{\sin \alpha}$,

pri čemer sem kot odskoka α odčitala iz posnetkov skoka šestih dijakov in sedmih žab, narejenih s kamero mobilnega telefona (slika 1). Za izračune pri ostalih dijakih in dijakinjah sem upoštevala odzivni kot 55 stopinj, povprečje, izmerjeno pri šestih dijakih. Ob skoku sem zabeležila tudi doseženo dolžino D , ki predstavlja razdaljo med izhodiščno točko skakalca in mestom doskočišča (slika 1). Poleg omenjenega sem izračunala tudi razmerje med silo ob odzivu in silo teže.

Podatke, izmerjene s silomerom, sem obdelala s programom *Logger Pro 3.8* (Vernier, Beaverton, OR ZDA). Iz grafa časovne spremembe sile F_y sem odčitala čas trajanja odskoka (Δt), to je čas med začetkom zadnjega povečanja sile in njenega padca na vrednost nič (slika 2). Ploščina lika (obarvana rdeče) pod tem delom krivulje v grafu $F_y(t)$ predstavlja sunek navpične komponente sile, s katero skakalec deluje na podlago, oziroma spremembo gibalne količine sile F_y . Sunek sile $F_y \times \Delta t$ je enak spremembi komponente gibalne količine dG_y . Drugo komponento gibalne količine, dG_x v danem primeru predstavlja sunek sile $F_x \times \Delta t$. Vektorska vsota obeh komponent predstavlja celotno spremembo gibalne količine skakalca v trenutku odziva ($dG = dG_y + dG_x$).

Skok v daljino z mesta je glede fizikalnih lastnosti v osnovi podoben poševnemu metu, zato sem se pri obdelavi podatkov opirala na fizikalni opis poševnega meta.

Iz izreka o gibalni količini $F \cdot dt = m\mathbf{v} - m\mathbf{v}_0$ sem določila hitrost ob odzivu, pri čemer sem upoštevala, da je bila hitrost pred odzivom (\mathbf{v}_0) enaka 0. Iz hitrosti in mase dijaka oziroma žabe sem izračunala kinetično

energijo skakalca $W_k = \frac{mv^2}{2}$.

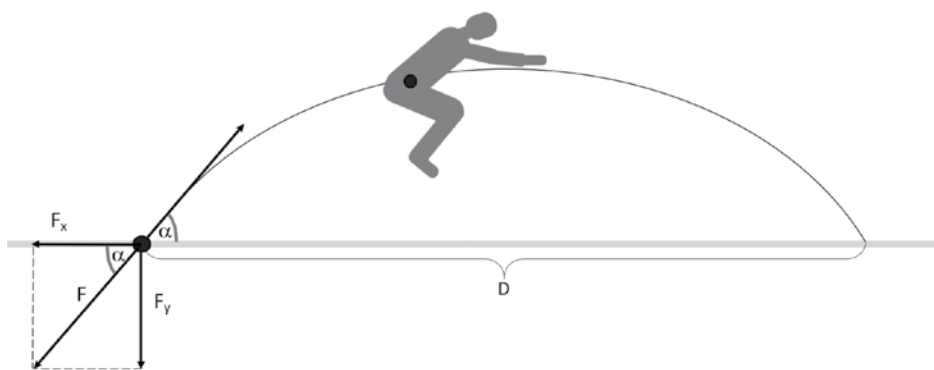
Kinetična energija se v trenutku odruva pri skakalcu poveča na račun zmanjšanja notranje energije oziroma kemične energije skakalca. V samem začetku skoka je sprememba W_k največja, sprememba W_p pa najmanjša, zato slednje pri izračunih za odskok nisem upoštevala. V nadaljevanju sem tako lahko po enačbi $P = \frac{W_k}{dt}$

izračunala še moč ob odskoku. Ta moč nam poda sposobnost, ki jo ima skakalec, da notranjo kemično energijo pretvori v kinetično energijo. Moč ob odskoku sem izrazila tudi kot specifično moč, to je moč na maso dijaka oziroma žabe ($\frac{P}{m}$).

Za človeka je indeks telesne mase (ITM) enak razmerju telesne mase in kvadrata telesne višine $ITM = \frac{m}{h^2}$,

Slika 1: Prikaz skoka v daljino in delovanje sil v trenutku odruva.

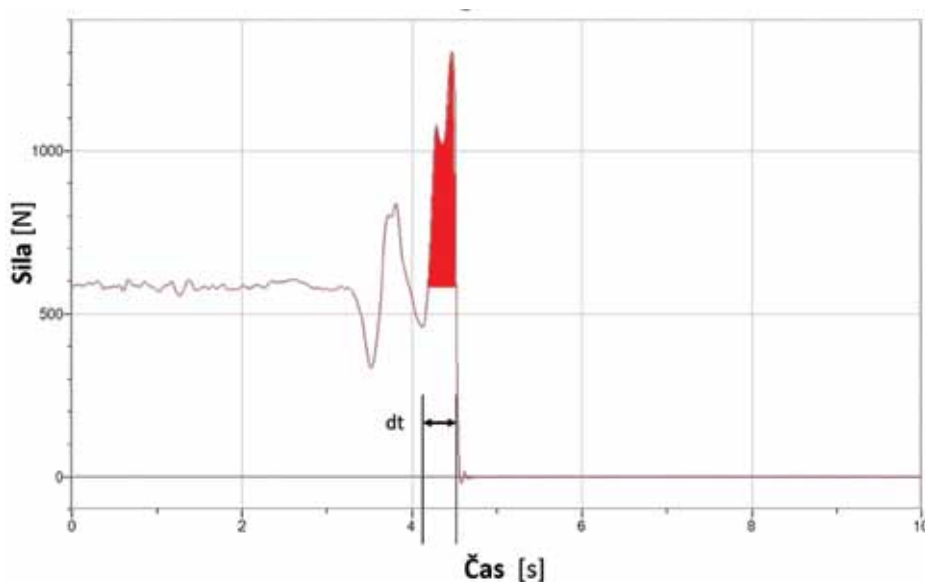
Foto: Veronika Vodnik.



Slika 2: Graf časovnega poteka sile F_y (program Logger Pro 3.8., Vernier).

Daljica predstavlja čas trajanja odskoka (dt), obarvana ploščina lika pod krivuljo pa sunek sile nog na podlago.

Foto: Veronika Vodnik.



za žabe v literaturi ni določen. Zato sem ga opredelila sama tako, da sem v imenovalcu namesto telesne višine uporabila dolžino

$$\text{ITM} = \frac{m}{d_k^2}.$$

Za vse preučevane parametre sem za posamezne skupine dijakov in za žabe izračunala povprečja in standardne deviacije. Pri tem sem za vsakega testiranca upoštevala njegov najdaljši skok izmed desetih.

Rezultati - skoki dijakinj in dijakov

Najdaljša dosežena dolžina skoka je znašala 2,69 metra, dosegla pa sta jo dijaka športnika iz 1. in 2. letnika. Skoki dijakinj niso presegli 2 metrov, razen pri treh posameznicah. Najdaljši skok dijakinje je znašal 2,20 metra. Skoki dijakov so bili v povprečju za 40 centimetrov (za 19 odstotkov) daljši od skokov dijakinj. Poleg osnovnih razlik v fizičnih sposobnostih spolov je s funkcionalnega vidika eden od vzrokov za slabše skoke deklet tudi razvojni. V času adolescence (mladostniške dobe) se pri fantih povečuje delež kostne in mišične mase, pri dekletih pa narašča tudi delež maščobnega tkiva, ki je nujno za sintezo spolnih hormonov (Lenasi in sod., 2013). Zato se dinamika razvoja športne učinkovitosti deklet v tem obdobju upočasni.

V povprečju so trenirani dijaki skakali do 20 centimetrov (do 10 odstotkov) dlje kot pa netrenirani, športnice pa skoraj 30 centimetrov (skoraj 15 odstotkov) dlje kot nešportnice (tabela 1). Večje dolžine lahko delno pripišemo boljšim splošnim motoričnim sposobnostim (na primer koordinaciji gibanja) dijakov/djakinj, ki se aktivno ukvarjajo s športom, treniranost pa seveda pripomore tudi k večji mišični moči. Poleg tega sem opazila, da športniki in športnice dosega-jo večjo dolžino skoka v daljino pri enaki odzivni hitrosti in podobni moči odziva kot netrenirani dijaki in dijakinje. Razlog je verjetno v boljši tehniki in koordinaciji skoka.

Iz slike 3 je razvidno, da ima dijak športnik že pri odskoku z uporabo rok položaj

Slika 3: Skok v daljino z mesta z uporabo rok.

Zgoraj je športnik, spodaj pa nešportnik.

Foto: Veronika Vodnik.



zgornjega dela telesa bolj usmerjen v krivuljo leta, ki mu bo omogočila daljši skok. Blizu najvišje dosežene točke leta v zraku dijak športnik bistveno močneje dvigne in pokrči kolena, prav tako pa precej nižje spusti zgornji del trupa z rokami, kar mu omogoča, da ob doskoku iztegne noge bolj naprej in tako doseže daljšo dolžino skoka od dijaka nešportnika. Razlike v tehniki tako prispevajo k drugačnemu gibanju težišča skakalčevega telesa, kar pomembno vpliva na dolžino skoka (Wu in sod., 2003).

Čas trajanja odskoka (Δt) je bil pri dijakinjah kot tudi pri dijakih zelo podoben. Znašal je približno 0,30 sekunde. Sprememba gibalne količine (ΔG) med odskokom je bila občutno večja pri dijakih kot pri dijakinjah. Prav tako je bila pri dijakih večja sila ob odskoku. Povprečja nakazujejo, da je sila ob odskoku, izražena na silo teže (F/F_g), tako pri dijakinjah nešportnicah kot pri dijakih nešportnikih manjša kot pri športnicah in športnikih. Podobno kot s silo ob odskoku na silo teže se

| | Dijakinje | | Dijaki | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | nešportnice | športnice | nešportniki | športniki |
| <i>m</i> (kg) | 62,8 ± 7,2 | 53,8 ± 5,6 | 71,2 ± 15,1 | 70,6 ± 9,5 |
| <i>h</i> (m) | 1,71 ± 0,06 | 1,63 ± 0,05 | 1,81 ± 0,07 | 1,80 ± 0,06 |
| <i>ITM</i> | 21,5 ± 2,3 | 20,3 ± 1,3 | 21,6 ± 3,5 | 21,8 ± 2,6 |
| <i>D</i> (m) | 1,69 ± 0,17 | 1,97 ± 0,20 | 2,16 ± 0,16 | 2,34 ± 0,20 |
| Δt (s) | 0,31 ± 0,04 | 0,28 ± 0,05 | 0,31 ± 0,03 | 0,31 ± 0,04 |
| ΔG (kg m s⁻¹) | 342,0 ± 51,1 | 312,3 ± 78,8 | 418,9 ± 104,7 | 466,72 ± 86,0 |
| <i>F</i> (N) | 1118,7 ± 206,1 | 1145,0 ± 307,4 | 1360,3 ± 335,9 | 1531,4 ± 326,4 |
| <i>F/F_g</i> | 1,8 ± 0,4 | 2,1 ± 0,5 | 2,0 ± 0,6 | 2,2 ± 0,5 |
| <i>v</i> (m s⁻¹) | 5,5 ± 1,0 | 5,8 ± 1,1 | 6,0 ± 1,5 | 6,7 ± 1,2 |
| <i>P</i> (W) | 3064,0 ± 90 | 3231,8 ± 67,8 | 4134,2 ± 566,3 | 5111,7 ± 171,0 |
| <i>P/m</i> (W kg⁻¹) | 48,8 ± 12,5 | 60,1 ± 12,1 | 58,1 ± 37,5 | 72,4 ± 18,0 |

Tabela 1: Telesni parametri dijakov, dosežena dolžina skoka ter fizikalne količine odskoka (Za razlago simbolov glej besedilo.). Prikazana so povprečja ± standardne deviacije, $N = 60$.

dogaja tudi s hitrostjo ob odskoku (tabela 1). Najmanjšo moč ob odskoku in moč ob odskoku, izraženo na enoto mase (specifično moč; P/m), sem zabeležila pri dijakinjah nešportnicah. Največja odstopanja med dijaki in dijakinjami so pri moči ob odskoku (P). Netrenirani dijaki razvijejo moč odnosa, ki je približno 35 odstotkov večja od tiste pri netreniranih dijakinjah. Razlika je še večja pri športnikih in športnicah, kjer znaša 50 odstotkov v prid dijaku (tabela 1). Primerjavo skokov z zamahom rok in brez zamahov rok ob odzivu sem naredila pri šestih dijakih. Če so si dijaki pri odzivu pomagali z zamahi rok, je bila povprečna dolžina skoka 2,30 metra, brez pomoči rok pa 1,90 metra, kar pomeni, da zamah rok podaljša dolžino skoka za približno 20 odstotkov. Zamah rok ob odskoku vpliva tudi na kot odskoka, ki se ob uporabi rok zmanjša za približno 10 odstotkov. Če si dijak pri skoku pomaga z zamahom rok, je odzivni kot 55 stopinj, pri skoku brez zamaha pa je odzivni kot nekoliko večji (59 stopinj). Pri tem se je v moji raziskavi pokazalo, da ima

tehnika skoka statistično značilen vpliv le na dolžino skoka in kot odskoka, ne vpliva pa na ostale fizikalne količine odskoka (tabela 2).

Glede odzivnega kota in tehnike skoka podobne ugotovitve v svoji raziskavi podajajo tudi Szerdiová in sodelavci (2012). Njihove meritve na podobno starih testirancih so pokazale, da je skok z zamahom rok za 27 odstotkov daljši kot skok brez pomoči rok. Glede kota odskoka se je, podobno kot v moji raziskavi, pokazalo, da je ta z zamahom rok ob odzivu za 10 odstotkov manjši od kota odskoka, ki ga dijaki dosežajo brez zamaha ob odzivu. Pri skoku z zamahom rok so odzivni koti bližje 45 stopinjam, ki je pri poševnem metu – ta je podoben skoku z mesta v daljino – teoretično idealen kot za doseganje najdaljše razdalje meta. Meritve pa kažejo, da ta kot ni idealen za doseganje največje dolžine pri skokih z mesta. Za boljši rezultat mora skakalec odskočiti pod čim manjšim kotom, ob tem pa doseči čim večjo hitrost težišča telesa. Zamah z rokami tu s svojim momentom prispeva k večji hitrosti (Szerdiová in sod., 2012).

Rezultati - skoki žab

Največje dosežene dolžine skoka žab so bile od 0,41 do 0,56 metra. Odzivni kot je

| | Način odriava | |
|------------------------------------|------------------|------------------|
| | z rokami | brez rok |
| D (m) | $2,28 \pm 0,07$ | $1,91 \pm 0,14$ |
| α (°) | $55,2 \pm 1,6$ | $59,7 \pm 2,7$ |
| Δt (s) | $0,36 \pm 0,02$ | $0,35 \pm 0,03$ |
| ΔG (kg m s ⁻¹) | $591,3 \pm 41,2$ | $549,1 \pm 45,0$ |
| v (m s ⁻¹) | $8,5 \pm 1,4$ | $7,9 \pm 1,3$ |
| P (W) | 7180 ± 1960 | 6340 ± 1830 |
| P/m (W kg ⁻¹) | $105,8 \pm 42,6$ | $93,0 \pm 37,4$ |

Tabela 2: Dolžina skoka in fizikalne količine odskoka dijakov ob različni tehniki skoka (zamah z rokami; brez zamaha z rokami). Prikazana so povprečja \pm standardne deviacije, $N = 6$.

bil pri vseh testiranih žabah manjši od 45 stopinj (od 34 do 43 stopinj), podobno ugotavljata tudi Marsh in Alder (1994), ki v svoji raziskavi skokov žab poročata o kotih 40 stopinj ± 4 stopinj. Čas trajanja odskoka je bil v moji raziskavi v povprečju $0,12$ sekunde, kar kaže na veliko eksplozivnost žab pri odskoku (tabela 3). Hitrost odskoka pri žabah je približno petkrat manjša kot pri dijakih in dijakinjah. Prav tako je bila tudi odrivna sila ob odskoku pri žabah veliko manjša kot pri dijakih in dijakinjah.

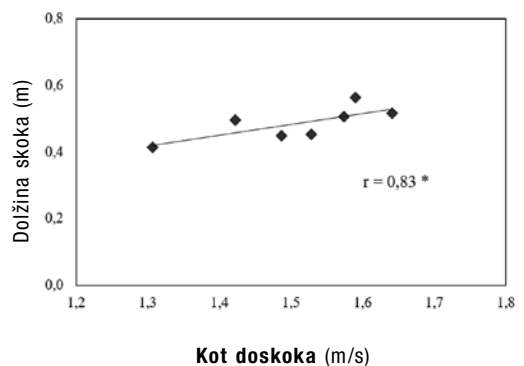
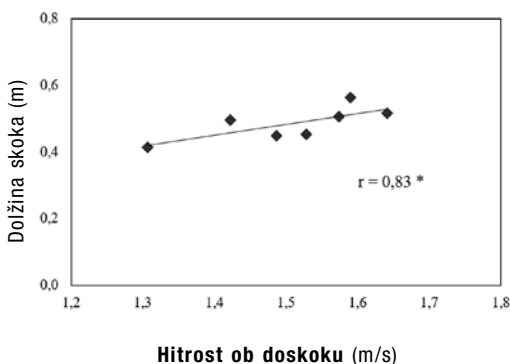
| | Povprečje \pm st. deviacija |
|------------------------------------|-------------------------------|
| m (g) | 43 ± 16 |
| d_k (cm) | 13 ± 2 |
| ITM | $2,5 \pm 0,4$ |
| D (m) | $0,49 \pm 0,05$ |
| α (°) | 39 ± 3 |
| Δt (s) | $0,12 \pm 0,01$ |
| ΔG (kg m s ⁻¹) | $0,06 \pm 0,02$ |
| F (N) | $0,52 \pm 0,18$ |
| F/F_g | $1,2 \pm 0,2$ |
| v (m s ⁻¹) | $1,5 \pm 0,1$ |
| P (W) | $0,4 \pm 0,1$ |
| P/m (W kg ⁻¹) | 9 ± 2 |

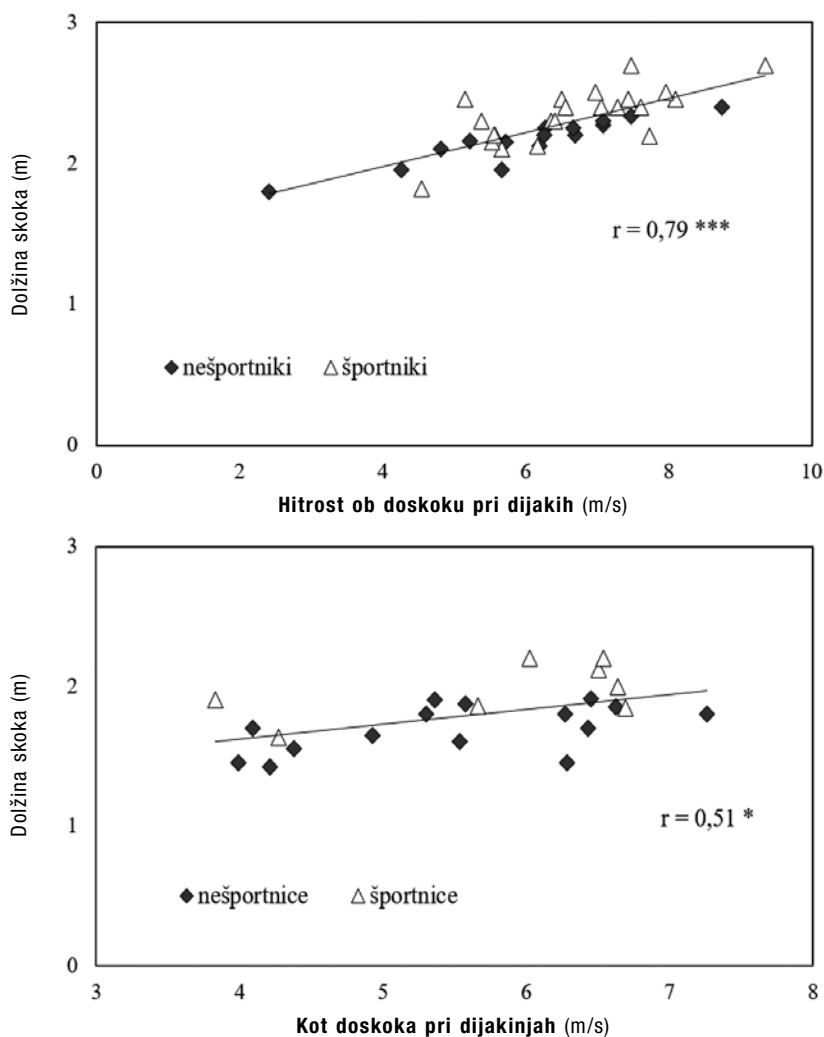
Tabela 3: Telesni parametri žab, dosežena dolžina skoka ter fizikalne količine odskoka. $N = 7$.

Kakšna je odvisnost dolžine skoka od fizikalnih količin skoka in telesnih lastnosti skakalcev?

Tako pri dijakinjah in dijakih kot tudi pri žabah dosežene dolžine skokov niso bile povezane z indeksom telesne mase ali časom odskoka. Pri žabah je dolžina skoka močno odvisna od odrivne hitrosti in kota odskoka (slika 4). Pri dijakih je dosežek pri skoku odvisen od odrivne sile, odrivne sile izraže-

Slika 4: Odvisnost dolžine skoka žab od odrivne hitrosti (levo) in kota odskoka (desno).





Slika 5:
Vplivo odrivne hitrosti
na dolžino skoka
v daljino z mesta
pri dijakih (zgoraj)
in dijakinjah
(d spodaj).

ne na silo teže ter od hitrosti in specifične moči odskoka. Odvisnosti dosežene dolžine skoka od odzivnega kota pri dijakih nisem potrdila. Ob večji odzivni hitrosti je pričakovati, da bo tudi dolžina skoka daljša. Rezultati meritev so pokazali, da to velja tako za športnike kot nešportnike tako pri fantih kot pri dekletih (slika 5).

Funkcionalno anatomsko zgradbo človeka in žabe je zelo različna. Če pogledamo razmerje med posameznimi deli okončin in sestavo mišic, so med nami velike razlike. Poleg tega ima žaba bolj gibljive distalne sklepe od človeka ter drugačno sestavo elastičnih struk-

tur v nogah (kit, vezi, elastičnih elementov mišic), ki pomembno vplivajo na izvedbo žabjega skoka in pretvorbo notranje energije v kinetično. Na učinkovitost odziva in skoka ima vse naštetu velik vpliv (Astley in Roberts, 2014). Razmerje dolžin goleni in stopala je v moji raziskavi pri dijakih znašalo 1,44, pri žabah pa 0,67. Sklepati gre, da je to razmerje pri žabah precej bolj ugodno za skok kot pri človeku.

Sprednje noge žabam pri odskoku služijo v glavnem kot ravnotežna opora, med skokom jih raztegnejo naprej in nanje doskočijo (slika 6). Pri skoku žabe imajo odločilno vlogo



Slika 6: Primerjava skoka dijaka (zgoraj) in skoka žabe (spodaj). Foto: Veronika Vodnik.

mišice zadnjih nog in njihova učinkovitost, ne pa masa žabe (Astley in Roberts, 2014).

Ugotovitve

Meritve na testirancih so potrdile, da dijakinje/dijaki, ki redno trenirajo, skočijo v daljino z mesta dlje (za 10 do 15 odstotkov) kot dijaki, ki ne trenirajo. Če so si dijaki pri odri-
vu pomagali z zamahi rok, je bila povprečna dolžina skoka 2,30 metra, brez pomoči rok pa

1,90 metra, kar pomeni, da zamah rok podaljša dolžino skoka za približno 20 odstotkov. Zvezo, da večja hitrost in moč (izražena na enoto telesne mase) ob odskoku pomenita daljšo dolžino skoka, sem potrdila pri vseh skupinah testiranih dijakov in dijakinj. Upoštevajoč čas trajanja odskoka se žaba pri skoku z mesta odrine trikrat hitreje od človeka. Odrivna sila med odskokom žabe in človeka seveda preseže silo teže skakalca. Razmerje odrivne sile in sile teže je bilo pri žabah v povprečju okrog 1,3, pri dijakih in dijakinjah pa je bilo to razmerje približno 2,0. Na dosežene razdalje pomembno vpliva tudi

kot odskoka, ki je pri žabah (39 stopinj) precej manjši kot pri dijakinjah in dijakihi (55 stopinj). Dijaki odskakujejo pod kotom, večjim od 45 stopinj. Če je odzivni kot manjši (manjši od 45 stopinj) ter obenem skakalec (žaba ali dijak) ob odzivu razvije maksimalno možno hitrost, je skok boljši oziroma daljši (Szerdiová in sod., 2012).

Zavedam se, da bi se dalo skoke dijakov/di-jakinj in žab analizirati tudi natančneje s postopki, ki jih pozna veda kineziologija. V raziskavi sem uporabila preprost način merjenja sil in kotov, ki ga omogoča merilna oprema, namenjena v didaktične namene, pri katerem pa so možne tudi napake. Pri oceni kota odskoka in dolžine je možna napaka zaradi paralakse. Tudi pri odčitavanju časa trajanja odskoka in velikosti sile ter s tem sunka sile je možna napaka, ki se nato kaže v izračunanih parametrih. Hitrost odskoka bi bilo ob kakovostnejših posnetkih mogoče oceniti tudi z videoanalizo.

Kljub pomanjkljivostim sem z raziskavo dobila uvid v skakalne sposobnosti vrstnikov in žab. Zbrani podatki, tudi za količine, ki jih v članku nisem podrobneje ovrednotila, pa omogočajo nadaljnje analize in raziskovanje.

Zahvala

Za vodenje in pomoč pri delu se iskreno zahvaljujem mentorjem profesorici Cirili Jeras in profesorju Lojzetu Vrankarju. Pri obdelavi posnetkov in izdelavi sekvenčnih slik nam je pomagal Marko Strebar (Gimnazija in srednja šola Rudolfa Maistra Kamnik). Koristne nasvete o lovu žab in njihovi oskrbi nam je dal dr. Iztok Tomažič (Oddelek za biologijo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani). Obema iskrena hvala. Hvala Luki Erženu in Neži Pirnat, ki sta sodelovala pri lovu žab in začetnih poskusih. Iskreno se zahvaljujem mojim testirancem – dijakom in dijakinjam Gimnazije in srednje šole Rudolfa Maistra.

Za pravilke in koristne nasvete se zahvaljujem recenzentu članka. Raziskava je potekala v sklopu izdelave raziskovalne naloge za projekt Gibanje znanost mladini 2017.

Literatura:

- Astley, H. C., Roberts, T. J., 2014: The mechanics of elastic loading and recoil in anuran jumping. The Journal of Experimental Biology, 217: 4372–4378.*
- Kovač, M., Leskošek B., Strel, J., Jurak, G., 2013: Razlike v telesni zmogljivosti slovenskih srednješolcev. Revija Šport, 1-2: 5–11.*
- Lenasi, H., Kreft, M., Turk, T., Dermastia, M., 2013: Čudovite oblike. Zgradba in delovanje evkariontskih organizmov za gimnazije. Ljubljana: Založba Rokus Klett, d.o.o., 272 str.*
- Marsh, R. L., John-Adler, H. B., 1994: Jumping performance of hylid frogs measured with high-speed cine film. Journal of Experimental Biology, 188: 131–141.*
- Starc, G., Strel, J., Kovač, M., 2010: Telesni in gibalni razvoj slovenskih otrok in mladine v številkah. Šolsko leto 2007/2008. Ljubljana: Fakulteta za šport.*
- Szerdiová, L., Simšič, D., Dolná, Z., 2012: Assessment of kinematics of sportsmen performing standing long jump in 2 different dynamical conditions. Metrology and Measurement Systems, 19 (1): 85–94.*
- Wu, W. L., Wit, J. H., Lin, H. T., Wang, G. J., 2003: Biomechanical analysis of the standing long jump. Biomedical Engineering Applications, Basis and Communications, 15 (5): 186–191.*
- <http://www.nfl.com/news/story/0ap3000000473764/article/byron-jones-record-combine-jump-a-foot-longer-than-i-expected>. Datum dostopa: 12. 9. 2017.*
- <http://www.slofit.org/>. Datum dostopa: 21.9.2017.*



Veronika Vodnik se je rodila leta 1998 v Ljubljani. Po končani kamniški gimnaziji se je vpisala na študij fizioterapije. Svoj prosti čas rada preživlja v naravi, najraje na konjskem hrbtu ali v družbi svoje psičke.