

UNIVERZITET U BEOGRADU

FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

OSNOVNE AKADEMSKE STUDIJE



**VERTIKALNI SKOK: APLIKATIVNE METODE I PROCENA
REALIZOVANE SNAGE**

Završni rad

Student:

Marko Pejić

Mentor:

red. prof. dr Zoran Pajić

Beograd, 2022

UNIVERZITET U BEOGRADU

FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

OSNOVNE AKADEMSKE STUDIJE



**VERTIKALNI SKOK: APLIKATIVNE METODE I PROCENA
REALIZOVANE SNAGE**

Završni rad

Student:

Marko Pejić

Broj indeksa: 163/2020

Komisija za ocenu i odbranu završnog rada:

1. Dr Zoran Pajić, redovni profesor - mentor
2. Dr Milan Matić, vanredni profesor
3. Dr Milinko Dabović, vanredni profesor

Beograd, 2022.

SAŽETAK

Eksplzivna snaga (jačina) je jedna od najčešće proučavanih sposobnosti u antropomotoričkom prostoru, a posebno neuro-muskularni fenomeni koji predominantno determinišu njeno ispoljavanje. Istraživanja koja za primarni cilj imaju konstrukciju novih sport - specifičnih testova za procenu eksplozivne snage u pravilu se baziraju na kreiranju potpuno novih ili modifikaciji već postojećih testova, a samim time i na primeni novih fenomena (optički, infracrveni, kontakti...). Primena ovih fenomena iziskuje adekvatna tehnološka rešenja u smislu konstrukcije i validacije kvalitetne opreme (instrumenata), koja će zadovoljiti osnovni kriterijum, a on je dobijanje tačne informacije. U tom smislu koriste se: optoelektronska laserska oprema, ultrazvučni detektori, tenziometrijske platforme, kontaktne platforme i sl.

Specifične skakačke performanse (najčešće u odnosu na igračku poziciju) najčešće se procenjuju vertikalnim skokovima (iz mesta ili iz zaleta). Međutim, ta merenja, da bi ispitala i potvrdila kvalitet skočnosti se uglavnom nadopunjuju proračunima mehaničke snage, indeksima snage na relaciji sila-brzina, raznim indeksima reaktivne snage (odnos između visine skoka i vremena kontakta s podlogom), testovima uzastopnih skokova i sl. Pri tome se smatra da su vertikalni skokovi iz mesta i iz zaleta procenjeni na tako sveobuhvatan način validni za diferencijaciju sportista koji igraju na različitim pozicijama.

Dok tradicionalna metoda dohvatne visine skoka uglavnom omogućava merenje i ograničenu analizu jednog tipa skoka (sa slobodnim zamahom ruku), napredne metode merenja omogućavaju testiranje različitih vrsta i tipova vertikalnog skoka, izvedenih pojedinačno ili u serijama varijabilnog broja i trajanja. Izvođenje različitih test protokola omogućava: detaljnu kvalitativnu i kvantitativnu analizu različitih faza kontrakcije mišića gornjih i donjih ekstremiteta; utvrđivanje različitih parametara anaerobnih sposobnosti čime je moguće ukazati na eventualne slabosti koje je poželjno akcentovati u trenažnom procesu. S obzirom da različite metode mogu dati neuporedive (oprečne) rezultate, **problem ovog rada** je postojanje mogućih razlika u kvalitetu dobijenih rezultata prilikom primene različitih metoda merenja vertikalnog odskoka. U skladu sa aktuelnim problemom, **cilj ovog rada** je aktuelizacija metoda merenja vertikalnog odskoka, kao i metoda procene dostignute i realizovane mehaničke snage, ostvarene prilikom njegove realizacije.

Ključne reči: eksplozivnost, skočnost, aparature

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	5
1.1 Istraživanja eksplozivne snage u sportu	6
2. TEORIJSKI OKVIR RADA	7
2.1. Kriterijumi za klasifikaciju skokova.....	7
2.1.1. Kriterijum prostor.....	7
2.1.2. Kriterijum lateralnost.....	8
2.1.3. Kriterijum aktivnost ruku.....	8
2.1.4. Režim mišićnog rada.....	8
2.1.5. Način kontakta stopala sa podlogom.....	9
2.2. Faktori koji utiču na izvođenje skoka.....	10
2.2.1. Spoljašnji faktori koji utiču na visinu skoka sa počućnjem.....	10
2.2.1.1. Tip treninga.....	10
2.2.1.2. Tehnika izvođenja.....	11
2.2.1.3. Instrukcije.....	11
2.2.2. Unutrašnji faktori koji utiču na visinu skoka sa počućnjem.....	11
2.2.2.1. Pol.....	11
2.2.2.2. Uzrast.....	11
2.2.2.3. Telesni sastav.....	12
2.3. Različiti tipovi test skokova.....	12
2.3.1. Skok iz čučnja (squat jump – SJ).....	12
2.3.2. Skok iz stojećeg stava - ruke na kukovima (countermovement jump-CMJ)	12
2.3.3. Skok sa različitih visina na podlogu (drop jump - DJ)	13
2.3.4. Klasičan skok iz stojećeg stava (vertical jump - VJ)	13
2.4. Testovi mišićne snage	15
2.4.1. Anaerobni testovi mišićne snage	16
2.4.1.1. Prema trajanju aktivnosti	16
2.4.1.2. Prema vrsti testa mišićne snage i/ili anaerobne sposobnosti	17
2.4.1.3. Portabilnost opreme	17
2.4.1.4. Vertikalni skok i sposobnosti vrhunskih sportista	18
2.4.1.5. Najbolji rezultati	18

3. PREDMET, CILJ I ZADACI RADA	21
4. METODOLOGIJA TESTIRANJA VERTIKALNOG SKOKA	22
4.1. Opšte karakteristike metoda, protokola i opreme	23
5. METODE I OPREMA ZA MERENJE VERTIKALNOG ODSKOKA	26
5.1. Metod: merenja distance	26
5.1.1. Zidni tester za vertikalni skok (Wall-Mounted Vertical Jump Tester).....	26
5.1.2. Vertek sistem (Vertec)	27
5.2 Metod: merenja senzorima (Ground Sensor Contact Mat)	28
5.2.1 Just Jump Sistem	28
5.2.2 Force Plate system	29
5.2.3 Chrono Jump system	31
5.3 Metod: merenja laser/infracrvenim zracima (Photoelectric Circuits (laser/infrared)	32
5.3.1 Optoelectronic system	32
5.3.2 Ground-Based Laser/Infrared Beams system	33
5.3.3 Optojump system	34
5.4 Metod: merenja senzorima bez dodira (Without touching the wall system)	35
5.4.1 Brower Vertical Jump Measurement	35
5.5 Metod: akcelerometar (Accelerometer)	37
5.6 Metod: Video	37
5.6.1 Jump timing using Video	37
5.6.2 Mi Jump 2	39
5.6.3 Height measurement from video	39
6. PROCENA MEHANIČKE SNAGE I RADA VERTIKALNOG SKOKA	41
6.1. Luisova formula	41
6.2. Harmanova formula	42
6.3. Džonsonova i Bahamondeova formula	42
6.4. Sejersova formula	43
6.5. Boskova formula	43
6.6. Druge formule	43
ZAKLJUČAK	44
LITERATURA	46

1. UVOD

Analiza stanja treniranosti sportista se može realizovati pomoću testova opšteg karaktera kako bi se procenilo opšte stanje motoričkog, funkcionalnog ili morfološkog statusa sportista i/ili sport specifičnih testova kojima se procenjuju sport specifične sposobnosti odnosno veštine.

Prednost u primeni sport specifičnih testova u odnosu na testove opšteg karaktera nalazi se u činjenici da se pri njihovom izvođenju javljaju zahtevi za poznavanjem same tehnike pojedinog sporta, odnosno za taj sport specifičnih kretnih struktura. Na osnovu navedenoga, pretpostavka je da sport specifični testovi daju bolji uvid u stvarno stanje sportske forme, te omogućavaju diferencijaciju sportista na temelju malih razlika koje kod istih egzistiraju na vrhunskom nivou takmičenja. Međutim, u primeni sport specifičnih testova problem može biti u slučaju niskog nivoa usvojenosti sport specifičnih znanja, te se može dobiti potpuno kriva slika o stanju sposobnosti koja se procenjuje. Iz tog razloga se kontinuirano javlja potreba za konstrukcijom novih testova koji bi sa stajališta složenosti situacije, energetske zahteva, ali i karakterističnih kretnih struktura - bili sport specifični.

Pored toga, postoji veliki broj istraživanja u sportu koja su se bavila utvrđivanjem razlika između igrača koji igraju na različitim igračkim pozicijama i/ili različitom nivou takmičenja, što se može smatrati još većim nivoom specifičnosti.

Na primer, kada se govori o razlikama između igrača u prostoru vremenske organizacije igre, tj. koji igraju na različitim igračkim pozicijama, poslednjih godina je evidentna ekspanzija "*time-motion*" istraživanja koja se bave ovom problematikom. Porast istraživanja ovoga tipa prati tehnološki razvoj mernih instrumenata za proračun frekvencija, trajanja te pređenih udaljenosti za različite aktivnosti tokom utakmice. Isti je slučaj u istraživanjima drugih, a pre svega elemenata intenzitetske organizacije kretanja, sposobnosti i veština sportista, među kojima je snaga ključna determinanta uspeha.

Za rezultate dobijene u ovim istraživanjima se može konstatovati da daju kvalitetan uvid u strukturu igre igrača na pojedinim igračkim pozicijama. Međutim, ova istraživanja imaju i svoja ograničenja u vidu aplikativne vrednosti s obzirom na dob, pol, nivo sportiste, stil igre, te stepen razvijenosti i povezanosti ispitivanih motoričkih sposobnosti sa drugim sposobnostima i karakteristikama sportiste (morfološki, psihološki, funkcionalni...).

1.1 Istraživanja eksplozivne snage u sportu

Eksplozivna snaga (jačina) je jedna od najčešće proučavanih sposobnosti u antropomotoričkom prostoru, a posebno neuro-muskularni fenomeni koji predominantno determinišu njeno ispoljavanje. Generalno, istraživanja o eksplozivnoj snazi moguće je podeliti u više grupa. Jedna od veoma važnih su ona koja su se odnosila na konstrukciju testova i njihovih metrijskih karakteristika. U tom smislu nezaobilazna je činjenica da je njihov napredak u efikasnosti i efektivnosti praćen adekvatnim tehnološkim rešenjima, odnosno kvalitetom opreme za testiranje.

Istraživanja koja za primarni cilj imaju konstrukciju novih sport specifičnih testova za procenu eksplozivne snage u pravilu se baziraju na kreiranju potpuno novih ili modifikaciji već postojećih testova, a samim time i na primeni novih fenomena (optički, infracrveni, kontaktni...). Primena ovih fenomena iziskuje konstrukciju i validaciju kvalitetne opreme (instrumenata), koja će zadovoljiti osnovni kriterijum, a on je dobijanje tačne informacije.

Specifične skakačke performanse (najčešće u odnosu na igračku poziciju) najčešće se procenjuju vertikalnim skokovima (iz mesta ili iz zaleta). Međutim, ta merenja se uglavnom nadopunjuju proračunima mehaničke snage, raznim indeksima reaktivne snage (eksplozivnosti), testovima uzastopnih skokova i sl. Pri tome se smatra da su vertikalni skokovi iz mesta i iz zaleta i indeks reaktivne snage (odnos između visine skoka i vremena kontakta s podlogom) validni za diferencijaciju igrača koji igraju na različitim pozicijama.

Mnogi autori smatraju, da bi odredili stvarne skakačke performanse, potrebno je visinu skoka promatrati iz aspekta:

- maksimalne dohvatne visine.
 - Naime, vertikalno premeštanje težišta tela (visina skoka bez dohvatne visine) može biti približno jednako kod igrača koji igraju na različitom nivou takmičenja (prva i druga liga).
- drugih bitnih mera koje potvrđuju kvalitet skočnosti
 - razni indeksi snage na relaciji sila-brzina, mehanička snaga i sl.

2. TEORIJSKI OKVIR RADA

Skokovi pripadaju fundamentalnim ljudskim pokretima koji zahtevaju koordinaciju gornjih i donjih ekstremiteta tela, te omogućuju svladavanje različitih vrsta prepreka. Za čoveka, ali isto tako i veliki broj životinja je urođeno da preskoče neku prepreku, naskoče na uzvišenje, saskoče s uzvišenja, doskoče u određeni prostor i sl. Stoga, nije čudno što su skokovi prilikom odrastanja dece vrlo bitan deo procesa rasta i razvoja, te ih deca često spontano koriste prilikom igre.

Skakanje je proces pri kojem se telo za kratko vreme odvaja od zemlje kao posledica sile reakcije podloge izazvane potiskom ekstenzora nogu. ZAČovek se skokovima kao sportskom disciplinom ili aktivnošću počeo baviti još u antičko doba. Tako je skok udalj bio jedna od prvih disciplina koja se pojavila na antičkim Olimpijskim igrama.

Međutim, u današnje vreme skokovi predstavljaju neke od najčešće korištenih motoričkih zadataka u područjima primijenjene kineziologije i fizioterapije. Unutar ta dva područja skokovi se izvode na različite načine i s različitom svrhom. Koriste se najčešće u procesu sportske pripreme s ciljem razvoja određenih performansi, u procesu opravka nakon sportskih ozljeda sa ciljem što bržeg i kvalitetnijeg povratka takmičarskim aktivnostima, ali i u preventivnom delu procesa sportske pripreme.

2.1 Kriterijumi za klasifikaciju skokova

Pri pokušaju da se svi skokovi kao motorički zadaci klasifikuju, kriteriji za njihovo grupisanje mogu biti vrlo različiti.

2.1.1 Kriterijum prostor

Pre svega, čovek može skakati u različitim smerovima. Stoga, generalno je moguće podeliti skokove na: skokove *na mestu* i *na skokove u kretanju*.

Na mestu je skokove moguće izvoditi samo u vertikalnom smeru i to kao jedan odraz odnosno skok ili kao višekratno ponavljane skokove. Jednokratne skokove s mesta osim u vertikalnom moguće je izvoditi u horizontalnom ili lateralnom smeru, odnosno prema napred ili unazad te ulevo ili udesno.

Skokove je u kretanju moguće izvoditi jednokratno nakon određenog zaleta (npr. skok udalj ili uvis) ili višekratno ponavljati (npr. skakati s dve noge prema napred ili u stranu). Kod

višekratnog ponavljanja moguće je skakati u horizontalnom, lateralnom ili kombiniranom smeru, odnosno moguće je višekratno skakati prema napred ili unazad, ulevo ili udesno te s promenama smera (npr. „cik - cak“, levo-desno, napred-nazad, više skokova u jednom smeru pa promena smera i sl.).

2.1.2 Kriterijum lateralnost

Ako se **lateralnost uzme kao kriterij za klasifikaciju**, tada se skokovi mogu izvoditi unilateralno ili bilateralno, odnosno jednonožno ili dvonožno. Bilateralne je skokove moguće klasifikovati u još dve podgrupe koje se odnose na položaj stopala na podlozi pa tako skokovi mogu biti bilateralno simetrični (stopala paralelna) ili bilateralno asimetrični (jedno stopalo ispred drugog).

2.1.3 Kriterijum aktivnost ruku

Što se tiče **aktivnosti ruku**, čoveku je prirodno koristiti ruke kao deo kinetičkog lanca prilikom izvođenja skokova. To se pre svega odnosi na zamah rukama koji može povećati efikasnost izvođenja skoka, ali i na održavanje ravnoteže prilikom skakanja. No, u području primenjene antropomotorike s različitom se svrhom koriste varijante skokova kod kojih se zamah **rukama ne primenjuje** (tako da su ruke najčešće na bokovima). Na taj se način skokovi mogu podijeliti u dve grupe: skokovi sa zamahom i skokovi bez zamaha rukama.

2.1.4 Režim mišićnog rada

Sljedeći kriterijum koji može poslužiti za klasifikaciju skokova je vrsta, odnosno režim mišićnog rada potrebnog za izvođenje skoka ili skokova, te se na taj način generalno svrstavaju u dve grupe:

- skokovi kod kojih je prisutan tzv. koncentrični mišićni režim rada
 - Mišić se skraćuje i tako uzrokuje pokret. Tako je npr. za ustajanje sa klupice potreban koncentrični režim kod kojeg se skraćivanjem mišića quadricepsa i gluteus maximusa opružaju kukovi i kolena.
- skokovi kod kojih je prisutan tzv. ekscentrično-koncentrični mišićni režim rada ciklus istezanja i skraćivanja (engl. „*stretch-shortening cycle*“- SSC). Na primer, kod odraza u skoku udalj, u prvoj fazi dolazi do istezanja m. quadricepsa (ekscentrična faza -

fleksija kolena), nakon kojeg sledi koncentrična faza u kojoj se mišić skraćuje (ekstenzija kolena). U praksi, ali i svakodnevnom čovekovom kretanju puno je prisutniji ekscentrično-koncentrični mišićni režim rada (npr. hodanje, trčanje, bacanje, skakanje).

2.1.5 Način kontakta stopala sa podlogom

S obzirom na strukturalnu raznolikost skokova moguće je razlučiti i kriterije za klasifikaciju koji se odnose na različite načine kontakta stopala s podlogom kao i trajanje tog kontakta. Promatrajući tako čovek može izvoditi skokove na način da je prilikom kontakta s podlogom isključivo **na prednjem delu stopala** ili da je odraz izveden tako što je prvi kontakt s podlogom prvo **preko zadnjeg dela** (pete) pa tek onda završetak odraza preko prednjeg dela.

U području sportskog treninga, pogotovo kod atletičara skakača često se koristi i treći način kontakta stopala s podlogom prilikom odraza, a taj se odnosi na kontakt s podlogom **celom površinom stopala** na početku, pa u kasnijoj fazi odraza preko prednjeg dela. Trajanje odraza, odnosno kontakta stopala s podlogom se kreće od **oko 0,080 s do preko 1 s**. Vrlo kratak kontakt stopala s podlogom je npr. kod sprinterskog trčanja, dok je značajno duži kontakt kod npr. skoka udalj s mesta. Shodno takvoj klasifikacijskoj podeli postoji skoro oko 200 različitih vrsta skokova, od kojih se veliki broj trenutno koriste u motoričkoj i fizioterapijskoj praksi, ali je takođe veliki broj različitih skokova moguće uočiti i kod spontanog igranja dece. Može se dati sažetak prethodnih navoda (*tabela 1*).

Tabela 1. Kriterijumska klasifikacija skokova, prema Baković, M. (2016).

KRITERIJUM		MODALITET
SMER KRETANJA	NA MESTU	VERTIKALNO
	S MESTA U KRETANJE	horizontalno napred
		horizontalno unazad
		lateralno ulevo
		lateralno udesno
	U KRETANJU	horizontalno napred
		horizontalno unazad
		lateralno ulevo
		lateralno udesno
	U KRETANJU S PROMENAMA SMERA	napred-nazad
		levo-desno
		cikak
		iz horizontalnog u vertikalno ili lateralno
		izlateralnog u vertikalno ili horizontalno

LATERALNOST	unilateralno
	bilateralno
MIŠIĆNI REŽIM RADA	koncentrični
	ekscentrično-koncentrični
NAČIN KONTAKTA STOPALA SA PODLOGOM	preko prednjeg dela stopala
	preko zadnjeg dela stopala
	preko cele površine stopala
UPOTREBA ZAMAH RUKAMA	bez zamaha
	sa zamahom

2.2 Faktori koji utiču na izvođenje skoka

Prema Klisariću i Matiću (2020), faktori mogu ispoljavati uticaj različitog stepena intenziteta: mali, umereni i veliki uticaj, a takođe mogu imati potpuni uticaj i tako u celosti određivati posmatranu pojavu. Autori sugerišu da ako se uopšte posmatra neka složena pojava, "faktori mogu imati takav uticaj da jedan isti faktor može delovati u većoj ili manjoj meri na posmatranu pojavu, u zavisnosti od interakcije sa drugim uticajnim faktorima (npr. ishrana sportista u interakciji sa treningom, oporavkom, psihološkim stanjem, odnosima u klubu i sa igračima itd.)".

Česta podela faktora u naučnim istraživanjima jeste na *spoljašnje i unutrašnje*. Prema klasifikaciji faktora kod skoka iz saskoka u studiji Matića (2016), podela je izvršena prema kriterijumu pripadnosti faktora *spoljašnjoj* tj. objektivnoj sredini (okolini) ili *unutrašnjoj*, tj. subjektivnoj (ličnoj). U ovom radu prema istom autoru biće spomenuti značajniji spoljašnji faktori: tip treninga, tehnika izvođenja i instrukcije i unutrašnji faktori: uzrast, pol, telesna kompozicija.

2.2.1 Spoljašnji faktori koji utiču na visinu skoka sa počućem

2.2.1.1 Tip treninga

Autor ističe da se u sportskom treningu koriste različiti metodi treninga u cilju poboljšanja sportskih sposobnosti, poput klasičnog dizanja tegova, olimpijskog dizanja, treninga sa sopstvenim telom (telesna masa kao otpor), pliometrijskog metoda, balističkog metoda i drugih. Zavisno od specifičnosti sporta i zahteva sportske discipline primeniće se odgovarajući metodi radi postizanja željenih adaptacija organizma sportista. Redovnim kontrolama nivoa sposobnosti

sportista stiče se uvid u efektivnost primenjenih metoda treninga i omogućava kvalitetnije usmeravanje trenažnog procesa.

2.2.1.2 Tehnika izvođenja

Skok sa počučnjem izvodi se kao jedan kontinuirani pokret, počevši iz uspravnog položaja iz kojeg se vrši brzi počučanj koji podrazumeva fleksiju u skočnim zglobovima, zglobovima kolena i kukova. Odmah nakon počučnja izvodi se ekstenzija u sva tri pomenuta zgloba. Skok sa počučnjem može se izvesti bez zamaha ruku (ruke se drže na potiljku ili na bokovima) ili sa zamahom ruku. U svakodnevnim i sportskim aktivnostima skokovi se najčešće izvode sa brzim zamahom ruku zajedno sa kretanjem nogu, čime se postiže veća visina skoka.

2.2.1.3 Instrukcije

U sportskom treningu se koriste različite instrukcije radi učenja veština i tehnike kretanja, kao i povećanja efikasnosti kretanja sportista. Dokazano je da instrukcije sa spoljašnjim fokusom kod kojih se pažnja usmerava na neki objekat ili predmet imaju bolji učinak na izvođenje pokreta i kretanja, nego instrukcije sa unutrašnjim fokusom, kod kojih se pažnja usmerava na sopstveno telo i osećaj tela u prostoru.

2.2.2 Unutrašnji faktori koji utiču na visinu skoka sa počučnjem

2.2.2.1 Pol

Autor ističe da: "između muškaraca i žena postoje određene razlike, kao što su: veća mišićna masa za 3% u gornjem delu tela kod muškaraca nego kod žena, veći procenat masti i to posebno u predelu butina i kukova kod žena, u proseku žene su 40% do 60% slabije od muškaraca u gornjem delu tela, a 25% do 30% u donjem delu tela. Kada se mišićna sila izrazi u relativnim vrednostima u odnosu na bezmasnu komponentu tela, razlike između polova ne postoje, što ukazuje na urođene slične kvalitete mišića i motorne kontrole, prema (Kenney et al., 2015)".

2.2.2.2 Uzrast

Autor ističe da: "kod dece često postoje razlike u hronološkom i biološkom uzrastu, te deca istih godina mogu biti biološki zrelija i jača od svojih vršnjaka. Mišićna sila (jačina) kao

sposobnost svakog čoveka poboljšava se sa povećanjem mišićne mase koja raste zajedno sa uzrastom. Najveće vrednosti mišićne sile kod žena ostvaruju se u 20 godina, dok se kod muškaraca ostvaruju između 20 i 30 godina, prema (Kenney et al., 2015).

2.2.2.3 Telesni sastav

Ovaj faktor autor apostrofira navodeći da je u telesnom sastavu ukupne telesne mase čoveka prisutna relativna količina različitih elemenata. Tako, osnovne elemente građe ljudskog organizma čine: telesna voda, bezmasna i masna masa tela. Bezmasnu komponentu čine koštano tkivo, mišićno tkivo, unutrašnji organi i „bitna” mast. Masnu komponentu čini „nebitna” mast. Prilikom skoka uvis telesna masa zajedno sa delovanjem sile gravitacije ($g=9.81m/s^2$) predstavlja otpor koji se suprotstavlja pravcu delovanja mišićne sile sportiste. Što je otpor kretanju veći i mišićna sila koja se ispoljava mora biti veća kako bi se ispoljila veća visina skoka sa počućnjem.

2.3 Različiti tipovi test skokova

Dok tradicionalna metoda dohvatne visine skoka uglavnom omogućava merenje i ograničenu **analizu jednog tipa skoka** (sa slobodnim zamahom ruku), napredne metode merenja omogućavaju testiranje različitih vrsta i tipova vertikalnog skoka, pojedinačno izvedenih ili u serijama varijabilnog broja i trajanja. Izvođenje različitih test protokola omogućava detaljnu kvalitativnu i kvantitativnu analizu različitih faza kontrakcije mišića gornjih i donjih ekstremiteta koji učestvuju u izvođenju kretanja.

2.3.1 Skok iz čučnja (squat jump – SJ)

Ovaj test podrazumeva izvođenje maksimalnog vertikalnog naprezanja iz pozicije polučučnja (zglob kolena pod uglom od 90°), sa rukama postavljenim na predeo kukova. Ova vrsta merenja omogućava procenu sposobnosti izolovane koncentrične mišićne kontrakcije opružača donjeg ekstremiteta. Kao i drugi testovi, može se izvoditi sa dodatnim opterećenjem.

2.3.2 Skok iz stojećeg stava - ruke na kukovima (countermovement jump – CMJ)

Ovaj test se izvodi iz pozicije stojećeg stava sa opruženim nogama u zglobu kolena i sa rukama na kukovima. Maksimalan vertikalni skok nakon brzog polučučnja omogućava indirektnu procenu sposobnosti SSC (*stretch-shortening cycle*) opružača donjih ekstremiteta tj.

sposobnosti brzog smenjivanja ekscentrične i koncentrične kontrakcije i transfer elastične energije, esencijalne za sportsko postignuće. **Eliminacija pokreta ruku** pri vertikalnom skoku smanjuje doprinos koordinacije izvođenju pokreta čime se pažnja usmerava na eksplozivnost opružača nogu.

Tipično se po istom metodu izvode i skokovi (pojedinačni ili serijski) sa osloncem na jednoj nozi (bez zamaha suprotnog ekstremiteta) čime se indirektno utvrđuje simetričnost ispoljavanja snage nogu. Izvođenje serijskih protokola vertikalnih skokova radi analize anaerobne sposobnosti po pravilu se izvodi naizmeničnim skokovima tipa *CMJ* koje se razlikuju po broju skokova ili trajanju testa (npr. 4-60 skokova, 15-60 sekundi), (Bosco et al., 1982).

2.3.3 Skok sa različitih visina na podlogu (drop jump – DJ)

Ovaj test se izvodi s unapred postavljene visine kutije. Visine koje se koriste mogu biti između 20 cm i 100 cm. Ruke se stavljaju na kukove i ostaju tamo tokom celog testa. Ispitanik se zatim spušta s kutije na strunjaču, savijajući kolena pri doskoku, zatim odmah izvodi maksimalan vertikalni skok. Ispitanik skače okomito što je više moguće i doskače natrag na strunjaču s obe noge u isto vreme, vraćajući se na mesto uzleta. Može se izvesti nekoliko pokušaja, uz odgovarajući odmor između pokušaja.

Ovisno o opremi, mogu postojati merenja vremena kontakta, vremena leta, visine skoka, snage skoka i sile reakcije tla. Vreme visine skoka je vreme između ispitanikovih stopala koje su napustile podlogu za merenje vremena ili platformu za silu i kada su ih ponovno dodirnuli. Visina vertikalnog skoka može se izračunati pomoću ove formule: $\text{visina skoka} = 4,9 \times (0,5 \times \text{vreme})^2$. Vreme kontakta s tlom je vreme između prvog kontakta stopala s platformom sile i trenutka kada su stopala ispitanika napustila strunjaču. Indeks reaktivne čvrstoće (*RSI*) može se izračunati deljenjem visine skoka s vremenom kontakta s tlom.

2.3.4 Klasičan skok iz stojećeg stava (vertical jump – VJ)

Izvodi se iz pozicije stojećeg stava sa opruženim nogama u zglobu kolena i sa slobodnim rukama, opuštenim pored tela. Ispitanik izvodi maksimalno snažan vertikalni skok praćen zamahom ruku (visok sport-specifičan pokret) čime se procenjuje sposobnost smenjivanja izotoničnih kontrakcija opružača donjih i gornjih ekstremiteta. Pokazano je da zamah ruku

doprinosi porastu visine tradicionalnog *CMJ* za oko 10% (Lara et al., 2006) i da trening snage gornjih ekstremiteta dovodi do porasta visine vertikalnog skoka (Narita, S. & Anderson, T., 1992).

Kao predmet naučnih istraživanja najčešće su analizirani vertikalni skokovi na mestu. Najčešći među njima jesu „skok iz čučnja“ (engl. „squat jump“) te „skok s predpripremom“ (engl. „counter - movement jump“) (*slika 3*).

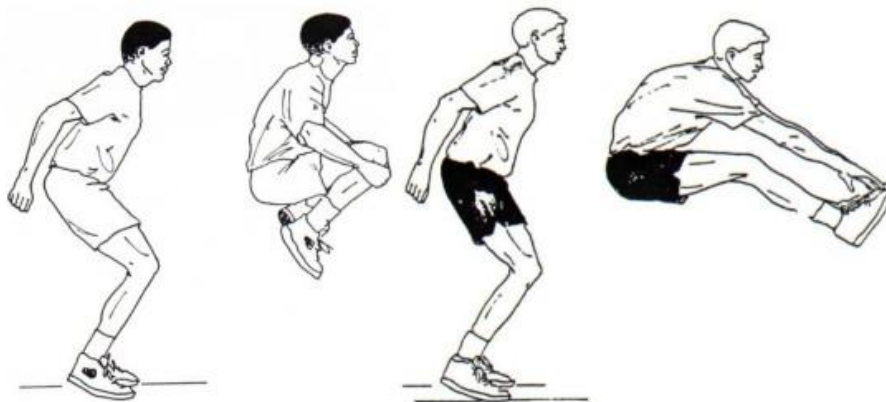
Često se analiziraju i tzv. „dubinski skokovi“ ili „depth jumps“ (*DJ*) kod kojih se odraz izvodi nakon saskoka s određenog uzvišenja. Za potrebe preciznijeg merenja rada mišića nogu najčešće se *SJ*, *CMJ* i *DJ* izvode u varijantama kod kojih se izoluje rad rukama (ruke oslonjene na kukove). Od skokova s mesta u kretanje najistraživaniji je skok udalj s mesta (eng. „standing long jump“) dok se kod skokova u kretanju najviše istražuju bilateralni skokovi i unilateralni poskoci u horizontalnoj ravni. (*Slika 3*).



Slika 1. *SJ*, *CMJ* i *DJ*, preuzeto sa

<https://smartracks.run/diagnostics-assessments/jumps/#>

Varijante skokova koje se također često javljaju u praksi i istraživanjima su skokovi kod kojih se aktivno podižu kolena u fazi leta ili engl. „tuck jump“ te engl. „pike jump“ kod kojeg se pruženo prednožuje u fazi leta te predručuje prema stopalima (*slika 2*).



Slika 2. Levo, „tuck jump“, desno – „pike jump“, preuzeto od <https://spanish.fansshare.com/gallery/photos/14618644/sgl-leg-tuck-jump/?displaying>

2.4 Testovi mišićne snage

Testovi mišićne snage podrazumevaju merenje maksimalnog kapaciteta mišića ili mišićne grupe da proizvedu silu. Ideja ovih testova je merenje različitih elemenata mišićne aktivnosti kao što su: sposobnost da generišu silu pri velikim brzinama, produkcija sile izometrijskom ili nekom drugom kontrakcijom, ili merenja maksimalne snage (Young, 1995).

Svako od ispoljavanja mišićne sile zahteva angažovanje **i centralnih i perifernih neuralnih procesa** pa postignuće u testovima zavisi od brojnih faktora: brzine hidrolize adenzintrifosfata (ATP), poprečnog preseka mišića, brzine kontrakcije, stepena regrutovanja motornih jedinica, sinhronizacije okidanja, kao i veštački izazvanom predaktivacijom korišćenjem PAP protokola, itd). Kako navodi Pajić (2022), primenom nadražaja koji akutno mogu poboljšati performanse, moguće je koristiti PAP (Post-Aktivacijska Potencijacija) kao trenažni stimulus. Cilj uključivanja PAP protokola u program treninga sportiste je poboljšanje akutnih ili hroničnih efekata performanse. Primenujući PAP istraživači su pokušali prepoznati neuro-fiziološke nadražaje koji će akutno poboljšati performanse ispitanika (npr. eksplozivne skokove, sprint, agilnost, izdržljivost itd.). Treneri koji žele uvrstiti ovaj fenomen u treninge, moraju temeljno razumeti vezu zamora i potencijacije.

Testovi moraju biti standardizovani definisanjem pozicije dela tela ili čitavog tela (Narita S, Anderson). Posledica ovoga su dve implikacije: obrazac za specifičan pokret mora biti specifičan i pravilno naučen ili test neće reflektovati kapacitet mišića. **Rigorozna standardizacija neophodna za objektivno merenje**, omogućava evaluaciju veoma specifične neuromišićne

funkcije. Pojedini sportski pokreti (npr. skokovi, bacanja) sastoje se od serije brzih kratkotrajnih koncentričnih kontrakcija nakon kojih momentalno slede ekscentrične kontrakcije iste mišićne grupe (tzv. SSC–*strech-shortening ciklus*).

Osim *izometrijskih, izotoničnih, izoinercijalnih i izokinetičkih* merenja sile i snage, poželjno je meriti postignuće pod ovakvim uslovima, uglavnom testiranjem različitih parametara vertikalnog skoka na posebno dizajniranim dinamometrima koji mere silu, rad i snagu generisanu tokom skoka (Bosco et al., 1982).

Sa druge strane, **laboratorijska i terenska merenja** anaerobne moći i kapaciteta snage relevantna su pre svega za sportiste u kojima disciplina zahteva značajan doprinos anaerobnih energetskih puteva – fosfokreatinskog i glikolitičkog anaerobnog metabolizma. Ovakvi testovi najčešće se koriste kod sportista koji zahtevaju maksimalno ispoljavanje energije u kratkom vremenskom intervalu od nekoliko sekundi do oko 6 minuta (Vandewalle et al., 1987).

2.4.1 Anaerobni testovi mišićne snage

Analiza postojeće literature ukazuje na veliki broj nespecifičnih testova anaerobnog energetskog sistema. Postoji relativno *mali broj specifičnih testova u laboratorijskim uslovima*, pa se većina ovih testova i dalje koristi samo u terenskim uslovima. Anaerobni testovi snage se dalje mogu klasifikovati.

2.4.1.1 Prema trajanju aktivnosti

Svi testovi anaerobne moći i kapaciteta dele se na kratkotrajne, intermedijarne i duge.

- **Kratkotrajni anaerobni testovi** uglavnom su trajanja *oko 10 sekundi ili kraće* i dizajnirani su sa ciljem evaluacije alaktatnog anaerobnog kapaciteta. Maksimalna produkcija energije u jednoj sekundi često se dobija kao rezultat ovih testiranja. Indeks ukupnog rada tokom testa ili prosečna snaga mogu se koristiti kao indikatori anaerobne izdržljivosti u kratkom periodu vremena. Najpoznatiji testovi su **Margaria test, Quebec test od 10 sekundi, testovi trčanja** (na 5, 10 i 20 metara sa kompletnim oporavkom) i drugi.
- **Intermedijarni anaerobni testovi** traju *od 20 do 50 sekundi* i cilj je određivanje laktatne anaerobne moći i kapaciteta. Rezultat testiranja je ukupni izvršeni rad, maksimalni izvršeni rad, prosečna vrednost obavljenog rada, faktor anaerobnog zamora. Poznato je da

se maksimalan doprinos glikolize produkciji *ATP* dešava između 25. i 30. sekunde maksimalne aktivnosti. Primeri testova su ***Wingate-ov test, de Bryn-Prevost test, sport-specifični*** i ostali testovi.

- ***Dugotrajni anaerobni testovi*** traju između ***90 i 120 sekundi***. Služe za procenjivanje ukupnog anaerobnog kapaciteta i sposobnosti za održavanje maksimalne snage anaerobnih izvora energije. Primeri testova su ***Quebec test 90 sekundi*** na ergo biciklu, ***Cunningham-ov test, Running Anaerobic Sprint Test*** (test trčanja na 35 metara u 6 serija sa 10 sekundi pauze), ***Side-Step test*** itd.

2.4.1.2 Prema vrsti testa mišićne snage i/ili anaerobne sposobnosti

Potrebno je obratiti pažnju na parametre kao što su: specifičnost testa, lakoća dobijanja i analize podataka i isplativost merenja. ***Specifičnost merenja*** odnosi se na:

- izbor procedure testiranja koje angažuje karakteristične mišićne grupe za izabrani sport (analizom anatomskih pokreta agonističke muskulature);
- određivanjem obrasca kretanja i tipa kontrakcije i
- definisanjem brzine izvođenja pokreta shodno obrascu specifičnom za sport.

Na primer, merenje sport-specifične snage ili anaerobnog kapaciteta treba da obuhvati mišićne grupe uključene u aktivnost, a oblik testiranja treba da simulira vrstu i brzinu kontrakcije. Tako je npr. poznato da sportisti u sportovima eksplozivnosti i snage (npr. sprinteri) bolje rezultate postižu u testovima visoke brzine.

2.4.1.3 Portabilnost opreme

Ovaj faktor dominira u kreiranju novih sistema što omogućava veću primenu testiranja i jednostavnost dobijanja i analize podataka. Takođe, ovakvi aparati značajno smanjuju vreme potrebno za merenje parametara snage.

Posebnu grupu testova mišićne snage i anaerobne sposobnosti, koji mogu pripadati svim vremenskim kategorijama, čine *testovi pojedinačnih ili serijskih vertikalnih skokova*, čije su merenje i interpretacija veoma rašireni u savremenoj sportskoj nauci i praktičnom radu.

2.4.1.4 Vertikalni skok i sposobnosti vrhunskih sportista

U smislu maksimalnih performansi prilikom izvođenja skokova u današnjoj su modernoj atletici zabilježeni službeni svetski rekordi. Najdalje što je muškarac ikada skočio je 8,95 metara, a najviše 2,45 metara. Kod žena najdalji skok iznosi 7,52 metra, dok je najviši 2,09 metara.

Iako je **izvođenje testova vertikalne skočnosti** relativno jednostavno i veće specifičnosti i validnosti od drugih testova, rezultati prikupljeni iz literature relativno su skromni. Nedostatak standardizacije testiranja i neujednačenost prikazanih rezultata (npr. simultana komparacija *CMJ* i *VJ*) otežavaju analizu rezultata. Sportisti koji imaju superiornu mišićnu snagu i anaerobnu alaktatnu sposobnost imaju prednost u kratkotrajnim aktivnostima (trajanja do 15 s) koje u mnogim sportskim aktivnostima imaju primaran značaj.

2.4.1.5 Najbolji rezultati

Najbolji vertikalni skok na svetu zabeležio je Kadur Zijani od 155 centimetara. Najveći skokovi ovog igrača variraju od 142 centimetra pa naviše. On je ostvario najviši vertikalni skok iako je visok samo 177 centimetara. Kadur Zijani tvrdi da je stekao slavu jer je jedina osoba koja je ikada izvela zakucavanje na način koji niko pre njega nije izveo. Njegov najbolji vertikalni skok koji je zabeležen je dva puta veći od prosečnog NBA vertikalnog skoka, koji iznosi 71 centimetar. Za više informacija o svetskim rekordima pogledajte listu najboljih vertikalnih skokova na svetu.

- **Košarka**

- Najbolji rezultat vertikalnog skoka koji je zabeležen na izboru *NBA* igrača 2015. godine, iznosio je 96.5 centimetara postignut od strane Džastin Andersona
- Najbolji rezultat vertikalnog skoka koji je zabeležen na izboru *NBA* igrača 2014. godine, iznosio je 92.7 centimetara postignut od strane Jabari Brauna
- Najbolji rezultat vertikalnog skoka koji je zabeležen na izboru *NBA* igrača 2013. godine, iznosio je 90.2 centimetara postignut od strane Kodi Zelera.
- Najbolji rezultat vertikalnog skoka koji je zabeležen na izboru *NBA* igrača 2012. godine, iznosio je 96.5 centimetara postignut od strane Harison Barnes.
- Najbolji rezultat vertikalnog skoka koji je zabeležen na izboru *NBA* igrača 2011. godine, iznosio je 92.7 centimetara postignut od strane Imar Šumperta.

- Najbolji rezultat vertikalnog skoka koji je zabeležen na izboru *NBA* igrača 2010. godine, iznosio je 81.3 centimetara postignut od strane Veslej Džonsona.
- Student Brok Drajz iz Skots koledža je bio izabran za tin Nju Saut Vejls u nacionalnom šampionatu i testiran je pomoću testa vertikalnog skoka sa dve noge, gde je zabeležio rezultat od 75 centimetara (izvor Skots koledž vebsajt iz 2011).
- Darel Grifit za koledža Jutadžez 80-tih godina zabeležio je stijeći vertikalni skok od 121 centimetara. Mislim da je Dejvid Tomson iz Denvera takođe 80-tih godina ostvario vertikalni skok između 112 i 120 centimetara.
- Derl Mek Donald iz tima Melburn Tajgrs ostvario je vertikalni skok sa tri koraka od 74 centimetra, ovo je najbolji rezultat u tom timu.
- Članak o najvišim skokovima uključuje Dejvida Tomsona. Razni izvori rangiraju njegov skok između 112 i 121 centimetar.
- Najboljih 5 vertikalnih skokova bez koraka potiču iz 2006. godine pri izboru igrača za *NBA*, i iznosili su 95.3 centimetra koji je postigao Dvej Mičel, 88.9 centimetara koji je postigao Roni Brever, 88.9 centimetara koji je postigao Kurtis Viter, 88.9 centimetara koji je postigao Vil Blalok, 87.6 centimetara koji je postigao David Noel.
- Prosecan *NBA* vertikalni skok iznosi 71 centimetar.

Ispod se nalazi lista vrhunskih rezultata postignutih od raznih *NBA* igrača. Ovi rezultati nisu potvrđeni, ali su verovatno mešavina skokova iz zaleta i neki od stojećih skokova. Neki od ovih rezultata se prvobitno nalaze na listi koja se nalazi na sajtu Vertcoach.com.

Tabela 2. Lista vrhunskih rezultata postignutih od raznih *NBA* igrača, preuzeto od prema <http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing

Igrač:	Vertikalni skok:
Michael Jordan	48" (122 cm)
Darrell Griffith	48" (122 cm)
Spudd Webb	46"
Dee Brown	44"

Harold Miner	44"
Vince Carter	43"
Steve Francis	43"
Antonio McDyess	42"
Dominique Wilkins	42"
Allen Iverson	41" (104 cm)
Julius Erving	41"
Shawn Kemp	40" (102 cm)
Larry Nance	40"
Rex Chapmann	39"
Kobe Bryant	38"
Desmond Mason	38"
Ralph Sampson	36"
Daryl Dawkins	34"
Shaquille O'neal	32"
Lamar Odom	32"
Magic Johnson	30"
Karl Malone	28"

3. PREDMET, CILJ I ZADACI RADA

Predmet ovog rada je testiranje vertikalnog skoka. Posebnu važnost u proučavanju ove manifestne motoričke sposobnosti zauzima stalna pojava novih metoda i postupaka za njihovu procenu. Testiranje vertikalnog skoka se obično beleži samo kao dužina skoka izražena u centimetrima ili inčima. Međutim, razni faktori mogu uticati na kvalitet interpretacije i transparentnost postignutog rezultata. Tako na primer, ako teža osoba skoči istu visinu kao lakša osoba, njoj je potrebno više snage i energije kako bi pomerila svoje telo. Stoga je korisno da se taj rezultat analizira nakon što je preveden u jedinice snage ili rada. Ovaj fenomen može biti veoma bitan u realizaciji algoritmovih trenažnih postupaka, te može imati veliku praktičnu vrednost. S obzirom da različite metode mogu dati neuporedive (oprečne) rezultate, **problem ovog rada** je postojanje mogućih razlika u kvalitetu dobijenih rezultata prilikom primene različitih metoda merenja vertikalnog odskoka.

U skladu sa aktuelnim problemom, **cilj ovog rada** je aktuelizacija metoda merenja vertikalnog odskoka, kao i metoda procene dostignute i realizovane mehaničke snage, ostvarene prilikom njegove realizacije.

U skladu sa aktuelnim problemom i postavljenim ciljevima ovog rada, operativni **zadaci ovog rada** su prikupljanje adekvatne literature, analiza dostupnih sadržaja, prikaz praktičnih metoda, kao i metoda za procenu realizovane mehaničke snage i rada, prilikom realizacije vertikalnog odskoka. U tom smislu biće prikazane metode: merenja distance skoka, senzornih platformi, optoelektričnih odnosno infracrvenih zraka, akcelerometara i video snimaka. Isto tako biće prezentovane formule za izračunavanje mehaničke snage: Luisova, Harmanova, Sejersova, Boskova, Džonsonova i Bahamondeova.

4. METODOLOGIJA TESTIRANJA VERTIKALNOG SKOKA

Određivanje visine jednog ili serije vertikalnih skokova jedna je od najstarijih metoda za utvrđivanje fizičkih sposobnosti. Krajem XIX veka dr Dudley Sargent sa Univerziteta u Harvardu dizajnirao je test za procenu eksplozivnosti mišića opružaća nogu. Test se zasnivao na principu merenja visine vertikalnog skoka koji se dobija kao razlika između dohvatne visine u mirovanju i visine dostignute prilikom maksimalnog skoka u vis iz mesta praćenog snažnim zamahom ruku (Slika 3).



Slika 3. Sardžentov vertikalni skok, preuzeto sa <https://fitnessandhealthpromotion.ca/exercise-database/entry/53546/>

Od tada pa do danas razvijena je raznovrsna metodologija merenja visine različitih vrsta i oblika vertikalnog skoka, praćena adekvatnim tumačenjem dobijenih rezultata. **Pokazano je da:**

- *postoji jasna korelacija između parametara vertikalnog skoka, anaerobne sposobnosti i eksplozivne snage primarnih opružaća nogu;*
- *anaerobna sposobnost izmerena ovim testovima pokazuje značajno veću korelaciju sa specifičnim sportskim postignućem.*

Savremene metode testiranja anaerobne sposobnosti vertikalne skočnosti obuhvataju upotrebu raznovrsnih dohvatnih aparata, ultrazvučnih detektora vertikalnog kretanja, kontaktnih i tenziometrijskih platformi i sl.

Bez obzira na testiranu proceduru, testiranjem se dobijaju direktne ili indirektne informacije o:

- genetskom potencijalu i arhitekturi angažovanih mišića;
- dostupnosti supstrata;
- akumulaciji nusprodukata;
- efikasnosti metaboličkih puteva i
- efikasnosti trenažnog procesa.

Testiranja vertikalne skočnosti izvode se pre drugih vrsta funkcionalnih testiranja, nakon bar 24 časa apstinencije od fizičke aktivnosti i zagrevanja i istezanja praćenog specifičnim vežbama u trajanju od 15 do 20 minuta. Izvode se **dva merenja** svakog parametra uz beleženje superiorne vrednosti. **Problem motivacije ispitanika** pri izvođenju maksimalnih naprezanja redukovan je upotrebom elektromiografskog praćenja (Lara et al/. 2006).

4.1 Opšte karakteristike metoda, protokola i opreme

Klasična metoda testiranja dohvatne visine omogućava najjednostavnije merenje, namenjena je rutinskoj praksi i uglavnom limitirana skromnim izborom testova i niskom validnošću rezultata.

Optoelektronska laserska oprema predstavlja sistem preciznijeg merenja dohvatne visine, koristeći prekidanje laserske zavesice pri izvođenju skoka, dok video uređaji obezbeđuju preciznu kinetogramsku analizu pokreta.

Upotreba **ultrazvučnih detektora** vertikalnog kretanja koristi Doppler-ov efekat i meri kretanje tela tokom skoka, kalkulišući visinu izvedenog skoka iz razlike u vremenu kretanja ultrazvučnog signala u stanju mirovanja i skoka.

Napredniji način utvrđivanja mišićne snage i anaerobnih sposobnosti tokom vertikalnih skokova izvodi se uz pomoć **tenziometrijske platforme**, složenog biomehaničkog sistema merenja produkcije mišićnih sila tokom različitih vrsta pokreta. Piezoelektrični senzori ugrađeni u platformu registruju velikom brzinom (500 Hz) kompresione sile tokom izvođenja pojedinačnih ili serijskih skokova i omogućavaju detaljnu dinamičku analizu svih faza skoka i visoku

validnost svakog izvedenog pokreta. Osim standardnih parametara, tenziometrijska platforma omogućava praćenje dinamike i tranzitivnosti razvoja sile, brzinu izvođenja skoka, stepen dubine odskoka (doskoka), efekte istezanja i brojne druge parametre.

S druge strane, **kontaktna ploča** jedan je od najprisutnijih i praktičnijih načina merenja visine vertikalnog skoka i zasniva se na metodi prekidanja kontinuiranog strujnog kola ugrađenog u podlogu. Ploča detektuje prisustvo, ili odsustvo, ispitanika sa platforme (odnosno centra gravitacije) i na osnovu vremena provedenog u skoku programski paket prikazuje ostale parametre skoka. Merenje na kontaktnoj platformi zahteva rigorozno pridržavanje tehnike izvođenja testa (npr. oba stopala treba da istovremeno napuste i vrata na platformu, kolena u skoku zauzimaju opružen položaj, trup se zadržava u opruženom položaju). Portabilnost, pristupačnost i primerena validnost dobijenih rezultata testiranja vertikalnog skoka, čine kontaktnu ploču dijagnostičkim alatom bliskim sportskom dijagnostičaru.

Jedan od **najčešće primenjivanih protokola testiranja vertikalne skočnosti** na kontaktnoj i tenziometrijskoj platformi obuhvata izvođenje unilateralnih i bilateralnih pojedinačnih skokova (*SJ*, *CMJ*, *VJ* i *DJ*) i serije skokova (*4CMJ* i *60CMJ*). Varijable koje se dobijaju merenjem i kalkulacijom tipično obuhvataju visinu skoka (cm), vreme trajanja skoka (s) i apsolutnu i relativnu maksimalnu snagu skoka (u *W* i *W/kg*).

Maksimalna snaga (*P*) tipično se dobija iz niže navedene Lewis-ove formule gde je *TM* telesna masa ispitanika u kg, a *VJ* maksimalna visina skoka u m.

$$P (W) = 21,67 \times TM (kg) \times \sqrt{VJ (m)}$$

Komparacijom skokova dobijaju se:

- indeks simetrije oba ekstremiteta (razlika u eksplozivnoj snazi donjih ekstremiteta);
- faktor potencijacije (ocena brzine izvođenja ekcentrične kontrakcije i SSC) i indeks koordinacije (stepen doprinosa snage gornjih ekstremiteta izvođenju skoka).

Testiranjem **serije skokova** tokom određenog vremena ili broja skokova (npr. 60 sekundi ili *60CMJ*) dobijaju se maksimalne, prosečne i minimalne vrednosti parametara:

- visina skoka;
- trajanje skoka;

- apsolutna i relativna snaga skoka) kao i
- faktori zamora (stepen opadanja merene varijable) odnosno stepen anaerobnog zamora (*FAnZ*).

Poseban segment podrazumeva i merenje tzv. **reakcionog vremena** čitavog tela koje podrazumeva najkraće izmereno vreme kontakta sa podlogom tokom serije skokova. Poželjne vrednosti za vrhunske sportiste u nacionalnim okvirima prikazane su u *tabelama 3 i 4*.

Tabela 3. Očekivane vrednosti testiranja pojedinačnih skokova, preuzeto od Ostojić et al., 2010.

	<i>SJ</i>	<i>CMJ</i>	<i>VJ</i>	<i>PVJ</i>	<i>IS</i>	<i>FP</i>	<i>IK</i>
	cm	cm	cm	W/g	%	%	%
m	>45	>56	>70	>18	<10	>20	>20
ž	>41	>51	>60	>16	<10	>15	>15

SJ – skok iz čučnja (squat jump), *CMJ* – skok sa rukama na kukovima (countermovement jump), *VJ* – skok u vis sa zamahom ruku (vertical jump), *PVJ* – maksimalna snaga (maximum power) *VJ*; *IS* – indeks simetrije donjih ekstremiteta (lower extremity – symmetry index), *FP* – faktor potencijacije (poteniation-factor); *IK* – indeks koordinacije (coordination-index)

Tabela 4. Očekivane vrednosti testiranja serije skokova, preuzeto od Ostojić et al., 2010.

	<i>4CMJ</i>	<i>P_{4CMJ}</i>	<i>60CMJ</i>	<i>P_{60CMJ}</i>	<i>RT</i>	<i>FAnZ</i>
	cm	cm	cm	W/g	%	%
m	>60	>17	>45	>15	<0.20	>90
ž	>53	>15,5	>38	>14.3	<0.22	>90

4CMJ – prosečna visina serije četiri skoka sa rukama na kukovima (CMJ); *P_{4cmj}* – prosečna vrednost snage 4CMJ; *60CMJ* – prosečna visina serije šezdeset; *P_{60cmj}* – prosečna vrednost snage 60CMJ; *RT* – reakciono vreme čitavog tela; *FAnZ* – faktor anaerobnog zamora

5. METODE I OPREMA ZA MERENJE VERTIKALNOG ODSKOKA

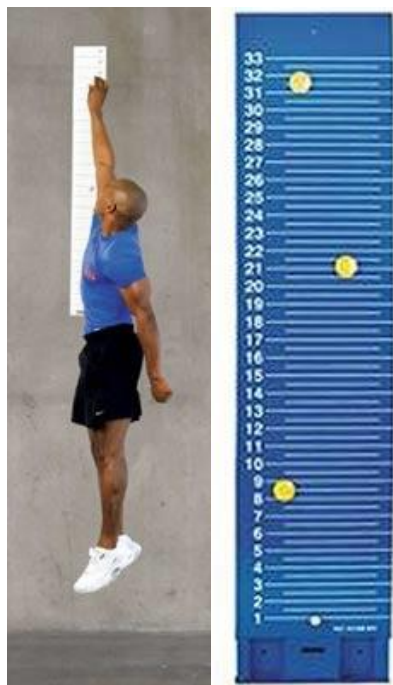
U savremenoj metodologiji, za mjerenje performansi vertikalnog skoka, dostupni su raznovrsni aparati i oprema. Svaki deo opreme ili metoda ima svoje prednosti i nedostatke. Sledi kratak opis niza metoda, sa po nekoliko bitnih pojedinosti o određenoj opremi.

5.1 Metod: Merenje distance

Izvorna i najjednostavnija metoda za merenje visine vertikalnog skoka je uza zid. Iako se može koristiti bilo koji zid i komad krede u ruci, postoje i druge mogućnosti zidne rešetke. Slede neki primeri zidnih aparata za merenje vertikalnog skoka.

5.1.1 Zidni tester za vertikalni skok (Wall-Mounted Vertical Jump Tester)

Ova ploča ima veličine od 1" do 48" u razmacima od 1/2". Merenja su proverena za godine korištenja i uključuje magnete za označavanje doseg a i visine skoka. Uključuje čvrstu čeličnu ploču, 48" šipku za vraćanje i 2 magneta. Bela je sa crnim oznakama. Dimenzije ploče 50" V x 6" Š (slika 4).



Slika 4. Magnetic Jump and Reach Board from S&S Worldwide, preuzeto sa <http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing

Najjeftinija od ovih opcija je dvodelna celicna ploca obložena plavim prahom, podesiva po visini za različite starosne grupe. Visine su označene na tabeli u koracima od 1/2" sa ukupnim opsegom od 33". Dimenzije ploče 9" k 37". Uključuje magnete za obeležavanje ploče.

5.1.2 Vertek sistem (Vertec)

Jedan od najčešćih aparata za merenje sposobnosti vertikalnog skoka. Konstrukcija je čeličnog okvira sa horizontalnim lopaticama koje se zakreću rukom da bi označile dostignutu visinu. Svaka lopatica je u razmacima od 1/2" (mogu biti dostupni razmaci u cm), a visina lopatica je podesiva od 6' do 12' za testiranje elitnih sportista kao i početnika (*slika 5*).



1. **Slika 5.** Vertec for measuring vertical jump height, preuzeto sa <http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing

Uputstva: Uzmite stajnu visinu subjekta sa jednom rukom potpuno ispruženom nagore, a zatim neka subjekt skoči i dodirnite najvišu moguću lopaticu. Visina skoka je razlika između visine stajanja i visine skakanja. Alternativno, možete podesiti najnižu lopaticu tako da bude u tački ruke potpuno ispružene sa obe noge na tlu, tada je visina skoka jednostavno najviša dostignuta lopatica. Kada koristite ovaj uređaj, veoma je zgodno imati stub za resetovanje lopatica bez spuštanja jedinice, a trebalo bi da postavite tegove ili na drugi način stabilizujete bazu kako biste

izbegli prevrtanje. Ovaj uređaj se može koristiti za merenje standardnog vertikalnog skoka sa dva stopala iz stojećeg položaja direktno ispod, ili vertikalnog skoka iz jednog koraka ili zaleta, što je korisno za testiranje u nekim sportovima.

Nedostaci: ovaj aparat je prilično skup, iznad 500 dolara, posebno u poređenju sa jednostavnim korišćenjem komada krede na zidu. Kao i kod korišćenja zida, tačno merenje zavisi od pravilnog merenja visine stajanja, kao i od sposobnosti skakača da zamahne rukom da bi dodirnuo lopaticu na vrhuncu svog skoka.

Prednosti: U blizini nema zida ili drugog predmeta koji bi mogao da inhibira sposobnost skakača. Aparat se može koristiti u zatvorenom ili na otvorenom.

5.2 Metod: merenja senzorima (Ground Sensor Contact Mat)

Ova metoda se koristi za merenje vertikalnog skoka korišćenjem senzorska prostirka sa ručnom kompjuterskom jedinicom

5.2.1 Just Jump Sistem

□ **Just Jump mat** — senzorska prostirka sa ručnom kompjuterskom jedinicom koja izračunava visinu vertikalnog skoka i eksplozivnu snagu nogu.

Just Jump sistem je jedan od mnogih dostupnih sistema za merenje visine vertikalnog skoka. Ovaj sistem je primer sistema sa električnim kontaktom. Just Jump Mat je prostirka veličine 27 inča x 27 inča sa ručnom računarskom jedinicom na baterije. Podloga izračunava visinu vertikalnog skoka merenjem vremena dok stopala nisu u kontaktu sa strunjačom i iz toga izračunava eksplozivnu snagu nogu. Ručni računar prikazuje visinu i vreme visi za 1 skok, prosečnu visinu plus vreme na zemlji za 4 skoka, izračunava eksplozivnu snagu nogu, vreme sprinta i brzinu stopala (*slika 6*).

Uputstva: Sa rukama na bokovima ili sa slobodnim ljuľljanjem, ispitanik stoji na strunjači, a onda kada je oprema spremna skače što je više moguće.



Slika 6. Just Jump sistem, preuzeto sa <http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing

Nedostaci: visina skoka je izračunata vrednost na osnovu vremena kada su stopala bila van strunjače. Da bismo bili precizni, stopala moraju biti zajedno kada odlaze i vraćaju se na strunjaču, a količina savijanja nogu pri sletanju takođe može uticati na rezultat (laserski sistem poboljšava ovo). Bez oznake na zidu za ciljanje i motivaciju subjekta, visina skoka pomoću ove metode je često niža. Ovaj uređaj je prilično skup. Pokreti sportiste na podu mogu pokrenuti kontakte i to može uzrokovati izračunavanje visine skoka bez skakanja.

Prednosti: Ovaj uređaj je lako prenosiv. Merenje vertikalnog skoka kada se koristi ovaj uređaj ne zavisi od toga da li subjekt meri vreme skoka da dodirne nešto na vrhuncu skoka. Aparat se može koristiti u zatvorenom ili na otvorenom. Podloga se može koristiti čak i za vremenske sprintove i za brzinu stopala.

5.2.2 Force Plate system

Ova metoda se koristi za merenje vertikalnog skoka korišćenjem "ploče sile".

□ **Force Plate** — moguće je odrediti visinu skoka iz merenja sile reakcije tla sa metalne ploče u podu ispod skakača.

Ploča sile je jedna metoda za merenje visine vertikalnog skoka. Obično je rezervisan za upotrebu u naučnim istraživanjima. Ovo je jedan od mnogih dostupnih metoda za merenje visine vertikalnog skoka. Mogu se izračunati visine vertikalnog skoka koristeći različite mere sa platforme sile. Visina skoka se može izračunati ovim metodama (Linthorne, 2001):

- od vremena leta skoka;
- primenom teoreme impuls–moment na krivu sila–vreme i
- primenom teoreme rad-energija na krivu sila-pomeraj.

Oprema: ploča sile, pravougaona metalna ploča sa piezoelektričnim ili deformacionim pretvaračima pričvršćenim na svakom uglu, koji daju električni izlaz koji je proporcionalan sili na ploči. Komercijalno dostupnu piezoelektričnu ploču za silu proizvodi Kistler (*slika 7*).

Uputstva: Za merenje maksimalne visine skoka, subjekt stoji na platformi sile sa obe noge udobno razdvojene. Platforme su uvek postavljene na čvrstu betonsku površinu tako da su njihovi gornji rubovi bili u istoj razini s podlogom ostatka dvorane te je tako omogućeno sigurno izvođenje svih skokova.



Slika 7. Ispitanik stoji na platformama za mjerenje sile reakcije podloge, preuzeto od Baković, M. (2016).

Merenja: Kada su spremni, sportisti skaču što je više moguće, spuštajući se nazad na platformu. Platforme beleže signale u tri ravnine (frontalna, sagitalna i vertikalna), dimenzija su 500 mm x

600 mm sa 6 mm međusobnog razmaka, dok je frekvencija uzorkovanja 1000 Hz. Iz ovog merenja mogu se izračunati krive:

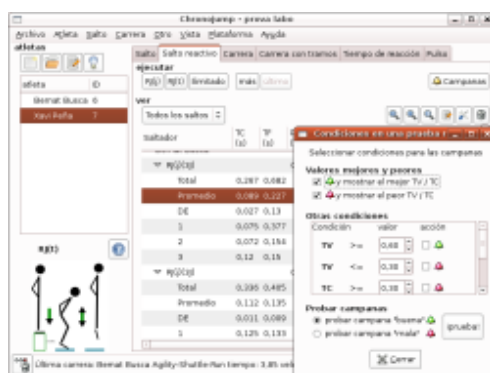
- sila - vreme;
- ubrzanje - vreme;
- brzina - vreme;
- pomeranje - vreme i
- sila - pomeranje.

Nedostaci: platformu sile je skupa i nije lako održavati je u dobrom i kalibriranom stanju.

Prednosti: pored merenja visine skoka, na raspolaganju je mnogo dodatnih informacija za bolje tumačenje snage i snage nogu.

5.2.3 Chrono Jump system

□ ChronoJump - besplatan kompletan softverski sistem sa više platformi za merenje, upravljanje i statistiku događaja vremena skoka. ChronoJump je kompletan multi-platformski sistem za merenje, upravljanje i statistiku događaja vremena skoka (vreme kontakta, vreme leta) i drugih radnji.



Slika 8. ChronoJump softwer, preuzeto sa <http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing

ChronoJump je kompletan sistem otvorenog hardvera i besplatnog softvera. Distribuiran se pod *GPL* licencom. Izvorni kod programa i hronometra je besplatno dostupan, a takođe je moguće modifikovati i redistribuirati softver. Pošto je izvorni kod dostupan, moguće je

verifikovati validnost i pouzdanost digitalnog mernog instrumenta, što ga čini pogodnim za naučna istraživanja (slika 9).



Slika 9. Vertical jumping off a sensor mat, preuzeto sa <http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing

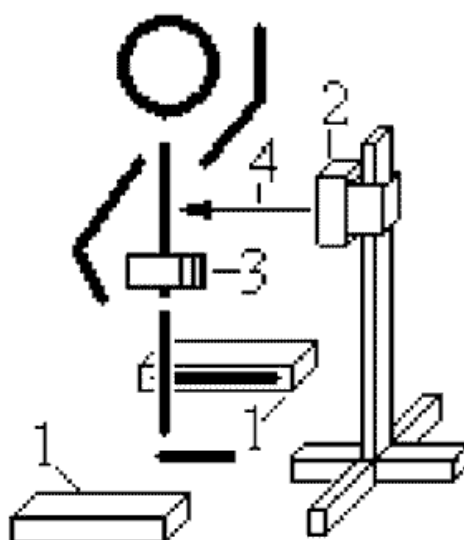
5.3 Method: merenja laser/infracrvenim zracima Photoelectric Circuits (laser/infrared)

Ova metoda se zasniva na merenju vremena korišćenjem lomljenja laserskog ili infracrvenog zraka prilikom skakanja. Problem sa jednom merom kontakta sa zemljom je u tome što subjekt može da popravi svoj rezultat povlačenjem stopala pri sletanju.

□ **Optoelectronic Device** — koristi senzora na zemlji za vreme poletanja, u kombinaciji sa svetlosnim senzorom postavljenim na struku za merenje vremena u vazduhu.

5.3.1 Optoelectronic system

Ovaj sistem Optoelektronski sistem vertikalnog skoka je dizajniran da ovo prevaziđe korišćenjem dva senzora, koji mere vreme napuštanja stopala od poda i vreme visine (Musaiev, 2006). Iz ovih merenja može se izračunati visina skoka. Ovaj uređaj se sastoji od senzora tla za merenje vremena kada stopala napuste pod, i drugog senzora postavljenog na visini struka (senzor vertikalnog pokreta ili VMS). VMS se aktivira kada reflektujući pojas prođe preko njega na putu gore i ponovo na putu dole (pogledati dijagram ispod). Kombinovanjem vremena od napuštanja tla do prvog aktiviranja VMS-a, sa vremenom držanja između dva VMS signala, možete odrediti ukupno vreme skoka.



Slika 10. 1. ground sensor, 2. waist height vertical motion sensor, 3. reflective belt and 4. light beam, preuzeto sa <http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing

Prednost: nema moguću grešku podizanja stopala pri sletanju, za razliku od prostirke za merenje vremena skoka i drugih uređaja koji koriste samo prostirku za kontakt sa zemljom.

5.3.2 Ground-Based Laser/Infrared Beams

Ova metoda koristi sistem prizemnih laserskih/infracrvenih zraka zasniva se na lomljenju laserskog ili infracrvenog zraka prilikom skakanja, a koji se nalazi u nivou stopala. Primeri opreme koja koristi ovaj metod su ***G-Flight, Optojump Nekt i Fitjump***.

Ovde opisan sistem meri visinu vertikalnog skoka merenjem vremena od kada stopala napuste pod do povratka na pod. Iz ukupnog vremena skoka mogu se izračunati mere visine i snage nogu. Za merenje visine vertikalnog skoka pomoću takvih uređaja, subjekt stoji sa stopalima u ravni svetlosnog snopa. Kada je oprema spremna, subjekt skače vertikalno što je više moguće. Merenje vremena počinje kada svetlo na nivou zemlje postane neprekinuto, a završava se kada subjekt sleti i razbije snop. Obično je priključen monitor koji izračunava vreme između prekida svetlosnih snopova i iz toga izračunava visinu skoka (pogledajte fiziku vertikalnog skoka). Primeri opreme koja koristi ovaj metod su ***G-Flight, Optojump Nekt i Fitjump***.

Prednosti: lagani senzori za merenje vertikalnog skoka su obično prenosivi i postaju ekonomičniji od glomaznije opreme kao što je Vertec.

Nedostaci: Bez visoke ocene za cilj kao u metodi skoka u zid, manje je motivacije za maksimalno skakanje, a mogu se meriti niže visine skoka. Ovaj sistem takođe ima moguću grešku povlačenja stopala pri sletanju, veštački popravljajući rezultat učesnika povećavajući vreme pre nego što stopala udare o tlo. Ovo je isto kao kada se koriste prostirke za kontakt sa zemljom, kao što je prostirka za skok. Postoji još jedan metod, koji takođe koristi svetlosne senzore, koji je dizajniran da reši ovaj problem.

5.3.3 Optojump system

Optojump je optički merni sistem koji se može koristiti u testovima kretanja koji zahtevaju merenje vremena. Ako se jednostavno koristi, može se koristiti za merenje visine vertikalnog skoka.

Opis

OptoJump sistem sastoji se od odašiljačke i prihvatne šipke, svaka dimenzija 39,4 x 1,2 x 1,6 inča, koja sadrži između 33 do 100 *LED* dioda. Jedna traka sadrži prijemnu i upravljačku jedinicu, druga ima ugrađenu prenosnu elektroniku. Može meriti s preciznošću od 1/1000 sekunde. Može meriti sva vremena leta i vremena kontakta s tlom tokom izvođenja niza skokova. *LED* diode na traci za odašiljanje neprekidno komuniciraju s onima na traci za prijem. Sistem detektuje sve prekide u komunikaciji između šipki i izračunava njihovo trajanje. U svojoj najjednostavnijoj postavci, moguće je meriti vreme leta i vreme kontakta s tlom tokom izvođenja bilo kojeg niza skokova.

Softver jednostavan za korišćenje koji dolazi s hardverom OptoJump omogućuje proračun dinamičke snage, elastične čvrstoće i otpora, vršne i prosečne snage, raspršene energije i vremena reakcije na optičke i/ili akustične signale. Pomoću softvera takođe je moguće snimiti video i uskladiti ga sa snimljenim podacima za tačnu analizu kretanja. Ovde su neki od testova koje su proizvođači OptoJumpa naveli kao prikladne za provođenje pomoću svoje opreme (*tabela 5*).

Tabela 5. Optojump testovi, preuzeto sa <http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing

Skok iz čučnja	SquatJump
SJ telesna težina	SJ Body Weight
Vertikalni skok protiv pokreta (CMJ)	Counter Movement Vertical Jump (CMJ)
CMJ Free Arms	CMJ Free Arms
Krutost (test reaktivnosti)	Stiffness (reactivity test)
Krutost slobodnih ruku	Stiffness free arms
Analiza snage	Power Analysis
Skokovi 15 sec	Jumps 15 sec
Skokovi 30 sek	Jumps 30 sec
Skokovi 60 sek	Jumps 60 sec
Skok / saskok u dubinu	Drop Jump
Monopodalni (skok snage u čučnju s jednom nogom)	Monopodalic (single leg squat power jump)
Reakcijski testovi (jednostavne i složene reakcije)	Reaction Tests (simple and complex reactions)
Shuttle Test (agilnost kratkog shuttle trčanja s vremenom reakcije)	Shuttle Test (an agility short shuttle run with reaction time)

5.4 Metod: merenja senzorima bez dodira (Without touching the wall system)

Najnoviji metod koji koristi modernu tehnologiju, koristeći senzor bez dodira za snimanje visine skoka.

5.4.1 Brower Vertical Jump Measurement

Brover uređaj za vertikalni skok je noviji metod koji koristi modernu tehnologiju, koristeći senzor bez dodira za snimanje visine skoka. Metoda je slična metodi dodira na zid, ali zato što oseća pokret ruke umesto da zahteva obeležavanje na zidu. Ovo takođe znači da subjekt ne mora da meri skok udaranjem u zid na vrhuncu. Takođe je sličan Vertec uređaju, iako nema potrebe da za vreme skoka udari u markere na vrhuncu skoka, visina skoka se meri automatski (*slika 11*).

Opis uređaja

Uređaj se može montirati na bočnu stranu košarkaške table sa sistemom za brzo montažu stezaljkama, na vrata, na postolje ili trajno montirati na zidove. Uređaj treba da bude postavljen na 74, 82 ili 90 inča od tla. Oblast detekcije je dugačka 48 inča (1,2 m) i može da otkrije kretanje ruke u oblasti širine 4 inča i 10 inča od uređaja. Merenja mogu biti u inčima ili cm, sa rezolucijom od 0,2 inča ili 0,5 cm. je digitalni displej, mada može biti i radio povezan sa Brover Timing TC sistemom.

Korišćenje pretraživača

Subjekt stoji ispod uređaja i jednom rukom seže koliko god može (merenje dometa stojeći). Bip će se oglasiti kada se snimi visina doseg. Zatim se izvodi maksimalni skok, pri čemu se ruka prelazi preko zone detekcije i maksimalna dostignuta visina se automatski beleži i prikazuje.



Slika 11. Brover device for measuring vertical jump height, preuzeto sa

<http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing

Prednosti: Brover sistem za merenje visine vertikalnog skoka ima prednost slične Vertec ili zidne metode jer nema potrebe za vremenskim skokom da biste pogodili nešto na vrhuncu. Senzori znače da testiranje može da uradi sam sportista, uz čuvanje svih rezultata.

Nedostaci: Cena je slična Vertec-u, preko 500 dolara po jedinici. Sistem ne radi dobro na otvorenom pri jakom svetlu. Osim ako se postolje ne koristi, potrebno je neko pogodno mesto za njegovo postavljanje. Brover sistem za merenje visine vertikalnog skoka ima prednost slične Vertec ili zidne metode jer nema potrebe za vremenskim skokom da biste pogodili nešto na vrhuncu. Senzori znače da testiranje može da uradi sam sportista, uz čuvanje svih rezultata.

5.5 Metod: akcelerometar (Accelerometer)

Nosivi sistem — nova tehnologija klipova koja uključuje akcelometriju za merenje visine skoka, kao što je VERT.

Nosivi uređaji su najnovija tehnologija u fitnessu. Dostupne su aplikacije koje pretvaraju pametni telefon u uređaj za merenje visine skoka, kao i specifični i praktičniji uređaji za nošenje (kao što je Vert). Ovi uređaji koriste žiroskop uređaja i akcelerometar za izračunavanje visine skoka. Ovo je jedan od mnogih dostupnih metoda za merenje visine vertikalnog skoka. Ovaj uređaj izračunava visinu vertikalnog skoka merenjem kretanja tela pomoću ugrađenog žiroskopa i akcelerometra.

Uputstva:

visina vertikalnog skoka se može meriti bilo gde, nije potreban zid ili spoljni uređaj kao kod drugih metoda. Da biste izmerili maksimalnu visinu skoka, stanite sa obe noge udobno razdvojene. Kada ste spremni, skočite što je više moguće.

Prednosti: veoma lagan i prenosiv, i neupadljiv. Može se nositi na treningu, pa čak i na takmičenju. Primer: VERT je nosiva minijatura inercijalna merna jedinica (IMU) za merenje visine skoka.

Nedostaci: skupo je ako je potrebno kupiti telefon ili određeni uređaj.

5.6 Method: Video

Izračunavanje vertikalne visine skoka pomoću video zapisa (vreme)

5.6.1 Jump timing using Video

Koristi video za određivanje - oduzimanjem vremenske oznake poletanja od vremenske oznake sletanja.

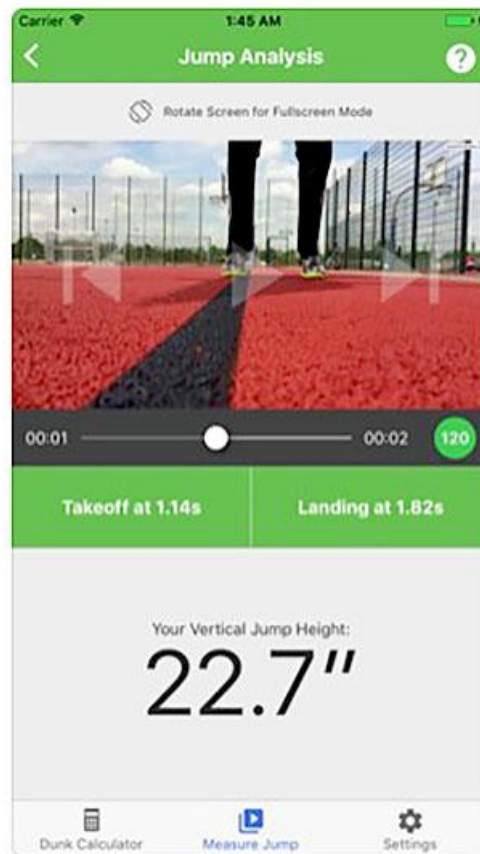
Merenje visine vertikalnog skoka pomoću video zapisa je moguće jer je visina skoka funkcija vremena između poletanja i sletanja. Koristeći video, može se odrediti vreme zadržavanja oduzimanjem vremenske oznake poletanja od vremenske oznake sletanja. Zatim, kada se zna vreme zakašnjenja, visina skoka se izračunava pomoću sledeće funkcije:

$$\text{Visina vertikalnog skoka} = 0,5 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times (\text{vreme zadržavanja} / 2)^2$$

Kako obezbediti tačnu analizu?

Da biste osigurali tačnost video analize, morate imati na umu:

- Skakač ne bi trebalo da doskoči sa savijenim kolenima jer bi to veštački produžilo vreme visine i samim tim umanjilo rezultate.
- Brzina kadrova (količina jedinstvenih slika u sekundi) video snimka treba da bude što je moguće veća da bi se obezbedilo precizno merenje vremena čekanja.



Slika 12. Analiza skoka (Jump timing using Video), preuzeto sa <http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing

5.6.2 Mi Jump 2

Sistem daje napredne informacije o skokovima pomoću kamere na pametnom telefonu. Samo snimate skok, izaberite njegovo poletanje i sletanje, a aplikacija radi ostalo.

5.6.3 Height measurement from video

Koristi video za merenje visine skoka, ako je skala za kalibraciju udaljenosti uključena u video snimak.

Najčešći način merjenja visine vertikalnog skoka je direktno merenje visine skoka uza zid ili indirektno izračunavanjem vremena skoka pomoću podmetača za merenje vremena ili svetlosnih senzora. Redo, video se može koristiti za merenje visine vertikalnog skoka.

Sledi opis korišćenja kalibracione skale na video snimku za merenje visine skoka. Takođe je moguće koristiti video za izračunavanje visine skoka koristeći tajming iz video snimaka. Alternativno, neki od ovih proizvoda za video analizu mogu da urade ove proračune.

Potrebna oprema

- video kamera sposobna za snimanje video zapisa visokog kvaliteta
- veliki ekran za reprodukciju video zapisa
- lenjir od 1 metra
- manji lenjir ili merna traka

Metod

1. Postavite kameru na stativ, najmanje nekoliko metara od objekta.
2. Morate da postavite u prikaz video snimka standardnu meru udaljenosti za kalibraciju, postavljenu u istoj ravni kao i objekat koji se meri, kao što je štap za merenje (npr. merni štap) koji držite u video okviru.
3. Postavite marker na telo subjekta koji koristite za merenje visine skoka. Ovo se obično postavlja u predelu kuka.
4. Snimate subjekt koji izvodi vertikalni skok.
5. Kalibrišite rastojanje određivanjem dužine mere kalibracije na ekranu. To je isto kao da koristite meru razmere na mapi. Ako je rastojanje od tri stope (36 inča) jedan inč na ekranu,

odnos kalibracije je 1:36. Sve u istoj ravni kao mera za kalibraciju biće 36 puta veće od onoga što možete da izmerite na ekranu.

6. Sada jednostavno izmerite koliko daleko se marker pomera na ekranu i pomnožite to sa odnosom kalibracije.

Kako obezbediti tačnu analizu

- Kamera treba da bude na stativu kako se ne bi pomerala kroz snimak.
- Snimite video sa udaljenosti od najmanje nekoliko metara da biste minimizirali bilo kakvu grešku paralakse.
- Uverite se da je mera za kalibraciju postavljena u istoj ravni kao i subjekt. Ako je osoba bliže ili dalje od kamere od kalibracione mere, onda će skala biti drugačija, a udaljenost izračunata netačno.
- Uverite se da je marker postavljen na telo na mestu koje je vidljivo tokom celog skoka.

6. PROCENA MEHANIČKE SNAGE I RADA VERTIKALNOG SKOKA

Testiranje vertikalnog skoka se obično samo beleži kao razdaljina skoka beležena u centimetrima ili inčima. Ove mere često ne daju kvalitetnu informaciju koja se krije iza tog skoka. Ako teža osoba skače istu visinu kao lakša osoba, njoj je potrebno više snage i energije kao bi pomerila svoje telo. Stoga ponekad je korisno da se taj rezultat prevedu u jedinice snage ili rada.

Mehanički rad koji se izvodi kako bi se ostvario vertikalni skok može da se određuje korišćenjem visine skoka koja se meri (korišćenjem rada = sile x distanca gde je sila = masa x ubrzanje). Međutim snaga se ne može izračunati (snaga = rad / vreme) od vremena delovanja sile na telo koja je nepoznata. Snaga se može direktno meriti koristeći uređaj za merenje sile reakcije podloge, iako ovi rezultati nisu odmah dostupni. Vremenom je razvijeno nekoliko različitih formula koje procenjuju snagu iz merenja vertikalnog skoka. Neki od ovih će biti predstavljeni dole uz primere.

Svi primeri ispod koriste hipotetički vertikalni skok od 60 centimetara, koji izvodi osoba koja je teška 75 kilograma i visoka 180 centimetara. Kao što možete videti različiti spektar rezultata je postignut, ovo je delimično zbog toga što nije uvek jasno da li se meri vrhunac snage ili prosečna snaga.

6.1 Luisova formula

Ova formula ili monogram je najčešće korišćena formula koja se nalazi u mnogim udžbenicima za srednju školu. Ova formula samo procenjuje prosečnu snagu i zasnovana je na modifikovanoj jednačini. Originalna formula koristi jedinice kao što su kg, m, sekunda. Da bi ste pretvorili u vate, standardnu jedinicu snage, faktor od 9.81 mora biti dodat.

- **Prosečna snaga (W) = $\sqrt{4.9 \times \text{telesna masa (kg)} \times \sqrt{\text{rezultat skoka (m)}} \times 9.81$**

Primer:

- Prosečna snaga = (kvadratni koren od 4.9) x masa tela(kg) x (kvadratni koren od dužine skoka (m)) x 9.81
- Prosečna snaga = $2.2136 \times 75 \times 0.7746 \times 9.81$
- Prosečna snaga = **1261.6 w (vati)**

6.2 Harmanova formula

Kako bi poboljšali ograničenja Luisove formule, Harman i drugi autori (1991) su došli do formula i za maksimalnu i prosečnu snagu kroz mnogobrojne procedure. Dva tipa jednačina se nalaze ispod.

$$\text{Maksimalna snaga (W)} = 61.9 \cdot \text{visina skoka (cm)} + 36.0 \cdot \text{masa tela (kg)} + 1,822$$

$$\text{Prosečna snaga (W)} = 21.2 \cdot \text{visina skoka (cm)} + 23.0 \cdot \text{masa tela (kg)} - 1,393$$

Primeri:

- Maksimalna snaga (W) = (61.9 x visina skoka (cm)) + (36 x masa tela (kg)) + 1822
- Maksimalna snaga (W) = (61.9 x 60) + (36 x 75) + 1822
- Maksimalna snaga (W) = 3714 + 2700 + 1822
- Maksimalna snaga (W) = 8236 vati
- Prosečna snaga (W) = (21.2 x visina skoka (cm)) + (23.0 x masa tela (kg)) - 1393
- Prosečna snaga (W) = (21.2 x 60) + (23 x 75) - 1393
- Prosečna snaga (W) = 1272 + 1725 - 1393
- Prosečna snaga (W) = 1604 vati

6.3 Džonsonova i Bahamondeova formula

Džonson i Bahamonde (1996) su razvili formulu za računanje maksimalne i prosečne snage vertikalnog skoka. Ove jednačine koriste dodatni faktor visine tela.

$$\text{Maksimalna snaga (W)} = 78.6 \cdot \text{vertikalni skok (cm)} + 60.3 \cdot \text{masa tela (kg)} - 15.3 \cdot \text{visina (cm)} - 1,308$$

$$\text{Prosečna snaga (W)} = 43.8 \cdot \text{vertikalni skok (cm)} + 32.7 \cdot \text{masa tela (kg)} - 16.8 \cdot \text{visina (cm)} + 431$$

Primeri:

- Maksimalna snaga (W) = (78.6 x vertikalni skok (cm)) + (60.3 x masa (kg)) - (15.3 x visina (cm)) - 1308
- Maksimalna snaga (W) = (78.6 x 60) + (60.3 x 75) - (15.3 x 180) - 1308
- Maksimalna snaga (W) = 4716 + 4522.5 - 2754 - 1308
- Maksimalna snaga (W) = 5176.5 vati
- Prosečna snaga (W) = (43.8 x vertikalni skok (cm)) + (32.7 x masa (kg)) - (16.8 x visina (cm)) + 431

- Prosečna snaga (W) = $(43.8 \times 60) + (32.7 \times 75) - (16.8 \times 180) + 431$
- Prosečna snaga (W) = $2628 + 2452.5 - 3024 + 431$
- Prosečna snaga (W) = 2487.5

6.4 Sejersova formula

Njegova formula takođe procenjuje maksimalnu proizvodnju snage iz vertikalnog skoka (Sayers et al., 1999).

Maksimalna anaerobna snaga (PAPw) (vati) = $60.7 \cdot \text{visina skoka(cm)} + 45.3 \cdot \text{masa tela(kg)} - 2055$

Primeri:

- Maksimalna anaerobna snaga PAPw = $(60.7 \times \text{visina skoka(cm)}) + (45.3 \text{ masa tela(kg)}) - 2055$
- Maksimalna anaerobna snaga PAPw = $(60.7 \times 60) + (45.3 \times 75) - 2055$
- Maksimalna anaerobna snaga PAPw = $3642 + 3397.5 - 2055$
- Maksimalna anaerobna snaga PAPw = 4984.5 vati

6.5 Boskova formula

Formula za merenje prosečne snage iz vertikalnog skoka se određuje tako što se proizvedena prosečna snaga meri iz mernog testa, broja skokova, dužine leta, gde g predstavlja ubrzanje uprkos gravitaciji (Bosco et al., 1983).

$$W = (F_t T_s g^2) / 4n (T_s - F_t)$$

6.6 Druge formule:

Takođe sa naišao na formulu za računanje snage visine vertikalnog skoka.

$$\text{Power (ft-lb/sec)} = 4 \times \text{weight (lb)} \times \text{jump height (ft)}$$

ZAKLJUČAK

Vertikalni skok predstavlja široko prihvaćenu test proceduru za utvrđivanje kratkotrajnih maksimalnih anaerobnih sposobnosti sportista. Za dobijanje vrednosti vertikalnog skoka moguće je koristiti široku paletu dijagnostičke opreme, pri čemu je za dobijanje validnih rezultata neophodno poštovati definisanu metodologiju testiranja. Različiti tipovi test skokova utvrđuju različite parametre anaerobnih sposobnosti čime je omogućena detaljnija analiza trenutnih sposobnosti i ukazivanje na eventualne slabosti koje je poželjno akcentovati u trenažnom procesu. Konačno, kao parametar koji ima značajan uticaj na sportsko postignuće u velikom broju individualnih i kolektivnih sportova, nekoliko tipova test skokova poželjno je dijagnostikovati u redovnim vremenskim intervalima u toku trenažnog procesa.

Vertikalni skok je vrlo dobar ***pokazatelj snage i anaerobne sposobnosti***. Brojne studije pokazale su značajno veće vrednosti visine i maksimalne snage vertikalnog skoka, kod vrhunskih sportista nego kod nižerazrednih ispitanika.

U mnogim radovima je pokazano da su ***superiorne vrednosti anaerobnih parametara i parametara mišićne snage*** poželjni u vrhunskom sportu i verovatno u izvesnoj meri smanjuju rizik od povreda obezbeđujući efektivnije skokove, šuteve, driblanja i sprint. U energetske smislu, oba parametra indirektno govore o alaktatnom (fosfagenom) anaerobnom energetske sistemu. Aktivnosti ovog tipa česte su u sportskim igrama i polivalentnim sportovima i tipično traju do 15 sekundi. Moguće je da je za efektivnije postignuće u ovim testiranjima odgovoran genetski faktor koji determiniše strukturu i funkciju pojedinih neuro-muskularnih elemenata (npr. sadržaj brzokontrahejućih mišićnih vlakana) ili akutni, odnosno prolongirani efekat programiranog trenažnog procesa.

Jasno je pokazano da do unapređenja postignuća u pojedinačnim ili serijskim vertikalnim skokovima dolazi nakon ***trenažnog programa*** koji uključuje:

- eksplozivni trening maksimalnog naprezanja;
- elektrostimulaciju;
- vibracioni trening i verovatno najefikasniji oblik rada
- pliometrijski trening.

Stoga, vertikalni skok kao složena manifestacija eksplozivnog kretanja sportista zahteva dalju analizu, proučavanje, kao i neophodnu proveru postignutih rezultata u praktičnom radu trenera, kao i u ispoljavanju sportista.

LITERATURA:

1. Baković, M. (2016). Biomehaničko vrjednovanje skokova: uloga lateralnosti, zamaha rukama, režima rada mišića i smjera kretanja (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Kinesiology).
2. 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(4), 557-565.
3. Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50(2), 273-282.
4. Harman, E.A., Rosenstein, M.T., Frykman, P.N., Rosenstein, R.M., and Kraemer, W.J. (1991). Estimation of Human Power Output From Vertical Jump. *Journal of Applied Sport Science Research*, 5(3), 116-120.
5. Johnson, D.L., and Bahamonde, R. (1996). Power Output Estimate in University Athletes. *Journal of strength and Conditioning Research*, 10(3), 161-166.
6. Kenney, W. L., Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2015). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
7. Klisarić, D, Matić, M. (2020). Faktori koji utiču na izvođenje skoka sa počučnjem. *SPORT - Nauka i Praksa*, Vol. 10, №2, 2020, str. 33-46.
8. Lara, A. J., Abián, J., Alegre, L. M., Jiménez, L., & Aguado, X. (2006). Assessment of power output in jump tests for applicants to a sports sciences degree. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 46(3), 419.
9. Linthorne P., (2001). Analiza vertikalnih skokova iz mesta korišćenjem platforme sile. *Sam. J. Phis.*, Vol. 69, br. 11, novembar
10. Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1978). Segmental contribution to forces in vertical jump. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 38(3), 181-188.
11. Matić, M. (2016). Faktori koji utiču na optimalnu visinu skoka iz saskoka. *Godišnjak Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu*, 21, 121- 134.
12. Musaiev, E. (2006) Optoelektronski metod i uređaj za merenje visine vertikalnog skoka, *Measurement Tom 39, Issue 4, Pages 312-319*.
13. Narita, S., & Anderson, T. (1992). Effects of upper body strength training on vertical jumping ability of high school volleyball players. *Sports Med Train Rehabil*, 3, 34.

14. Ostojić, S. M., Stojanović, M., & Ahmetović, Z. (2010). Analiza vertikalne skočnosti u testovima snage i anaerobne sposobnosti. *Medicinski pregled*, 63(5-6), 371-375.
15. Pajić Z. (2022) Post-aktivacijska potencijacija: neuro-muskularni fenomen kondicionog treninga. Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu. 192 str., ISBN 978-86-89773-73-6. [COBISS.SR-ID 63734025]. Monografija nacionalnog značaja.
16. Sayers, S., et al. (1999) Cross-validation of three jump power equations. *Med Sci Sports Exerc.* 31: 572.
17. Vandewalle, H., Péérès, G., & Monod, H. (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports medicine*, 4(4), 268-289.
18. Young, W. (1995). A simple method for evaluating the strength qualities of the leg extensor muscles and jumping abilities. *Strength and Conditioning Coach*, 2(4), 5-8.
19. <http://www.topendsports.com/testing/vertical-jump-power.htm> Fitness Testing
20. <https://smartracks.run/diagnostics-assessments/jumps/#>
21. <https://fitnessandhealthpromotion.ca/exercise-database/entry/53546/>
22. <https://spanish.fansshare.com/gallery/photos/14618644/sgl-leg-tuck-jump/?displaying>