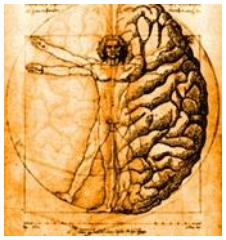
УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ" – СКОПЈЕ

ФАКУЛТЕТ ЗА ФИЗИЧКО ОБРАЗОВАНИЕ, СПОРТ И ЗДРАВЈЕ



Д И П Л О М С К А Р А Б О Т А

Предмет: Биомеханика

КИНЕМАТИЧКА АНАЛИЗА НА ТЕХНИКИ СО КЕТЛБЕЛ

БИОМЕХАНИКА

Ментор:
Проф. д-р Александар Туфекчиевски

Кандидат:
Бојан Диков (5648)

Скопје, 2018.

БИОМЕХАНИКА

Комисија:
Проф. д-р Александар Туфекчиевски – ментор
Доц. д-р Александар Ацески – член
Доц. д-р Владимир Вуксановиќ – член

Датум: 22.6.2018

С О Д Р Ж И Н А

СОДРЖИНА **3**

АПСТРАКТ **4**

1. ВОВЕД **5**
1.1 Историја на кетлбел **6**
1.2 Што е кетлбел? **9**
1.3 Кетлбел за функционален фитнес и негови предности **10**
2. МЕТОД НА РАБОТА **13**
2.1 Примерок на техники за вежбање со кетлбел **13**
2.2 Примерок на испитаници и техника за преземање на податоците **14**
2.3 Анализа на податоците **14**
3. РЕЗУЛТАТИ **15**
4. ДИСКУСИЈА **20**
5. ЗАКЛУЧОК **22**
6. ЛИТЕРАТУРА **23**

БИОМЕХАНИКА

АПСТРАКТ

Вежбањето со кетлбел претставува еден од новите методи на тренинг кој го прифаќаат се поголем број на вежбачи. Поради својот облик и дизајн погоден е за изведување на најразлични движења кои можат да активираат голем број на мускули.

Во оваа дипломска работа е применета кинематичка анализа на основните техники на вежбање со кетлбел и притоа се утврдени параметри кои се однесуваат на нивните временски, просторни и просторно-временски карактеристики.

Добиените резултати покажуваат дека техниката Jerk се одликува со поразлична кинематичка структура во однос на техниките Clean, Snatch и Swing кои меѓу себе се многу слични.

Добиените резултати од истражувањето можат да се искористат во планирањето, програмирањето и реализирањето на спортскиот тренинг, преку правилен избор и редослед на изведување на техниките, минимизирање на можноста за повреда, подобрување на перформансот и др.

Клучни зборови: clean, jerk, snatch, swing, техника, биомеханика, вежбање

KINEMATIC ANALYSIS OF KETTLEBELL TECHNIQUES

APSTRACT

Training with kettlebell is one of the new methods of training that is accepted by a growing number of practitioners. Due to its shape and design it is suitable for performing variety of movements that can activate a lot of muscles.

In this undergraduate work the kinematical analysis of the basic techniques of exercise with kettlebell is applied, and parameters are defined that refer to their temporal, spatial and space-time characteristics.

The obtained results show that the technique Jerk is with different kinematic structure compared to Clean, Snatch and Swing techniques that are very similar to each other.

The obtained results of the research can be used in the planning, programming and realization of the sports training, through the correct choice and the order of performing the techniques, minimizing the possibility of injury, improving the performance, etc.

Key words: clean, jerk, snatch, swing, technique, biomechanics, training

БИОМЕХАНИКА

1. ВОВЕД

Движењето на човекот претставува неопходна биолошка потреба и услов за негов опстанок. Фасцинантноста на движењето е во бесконечниот број на движења коишто тој може да ги направи како и нејзиното влијание во целокупниот развој на антрополошкиот статус на човекот (Туфекчиевски и Ацески, 2009).

Биомеханиката како интердисциплинарна наука која всушност претставува интегрална целина од функционална анатомија, физиологија на мускулниот и нервниот систем, механика и математика, чиј основен предмет на проучување е движењето на човекот односно физичката вежба.

Суштината на физичката вежба кај човечкиот локомоторен систем е трансформацијата на биоелектричната енергија во биохемиска, а биохемиската во биомеханичка. Секоја физичка вежба си има свои биомеханички карактеристики кои генерално можат да се поделат на функционално анатомски и механички карактеристики. Функционално-анатомските карактеристики даваат информации за мускулната контракција, мускулните групи по функција, зглобот во кој се изведува движењето, мускулниот потпор и симетријата. Механичките карактеристики се групирани во статички, кинематички и динамички.

Предмет на ова дипломска работа се кинематичките карактеристики (слика 1) на движењата кај четири техники на вежбање со кетлбел. Целта на истражувањето во оваа дипломска работа е преку примена на видеографската метода да се изврши 2Д анализа за да се утврдат кинематичките карактерстики кај четирите техники.

БИОМЕХАНИКА



Слика 1. Кинематички карактеристики на движењата

1.1 Историја на Кетлбел

Познат и како "гирја" на руски јазик, кетлбелот изгледа како метално топовско ѓуле со рамно дно и рачка прицврстена на него. Кетлбелите уште поодамна се користат како алатка за развивање сила и издржливост а некои го нарекуваат и руско sвоно. Нивното потекло е сеуште прашање на шпекулација, но археолошки записи покажуваат докази за нивно користење во Античка Грција. Тие го пронашле својот пат во Русија околу 1700та година, каде што се користеле за мерење на жито и стока. На крајот од пазарниот ден, на фолк фестивали и саеми, фармерите почнале да ги занишуваат и креваат кетлбелите за да ја покажат нивната сила, брзо откривајќи придобивки по здравјето поврзани со оваа активност. Како хоби, се одржувале натпревари во руралните села и градовите во близина.



Слика 2. Доктор В. Краевски

Развојот на кетлбел спортот во Русија е поврзан со името Доктор В. Краевски. (Doctor V. Kraevsky). Од 1870 до 1880, тој патувал низ Европа, собирајќи информации за физичката култура и развојот на спортовите во поглед да се подобри здравјето и благосостојбата. Тој им претставил вежби со кетлбели и тегови со шипка на Руските атлетичарски кругови.

"10ти Август 1885 се смета за дата на раѓањето на кревање на тегови во Русија. Тој ден во Санкт Петерсбург,

под водство на Доктор Владислав Краевски, салата за вежбање со тегови била отворена. Целта на таа пропаганда била развивање на мускулите. Тренинзите биле одржувани 3 пати неделно. Атлетите изведувале press со една и две раце, snatch и clean and jerk со строго контролирано оптоварување и дозирање од страна на Докторот."

До 1940тите, кревањето на кетлбелите станало национален спорт на Советскиот Сојуз.

Полека кетлбелите изгубиле признание на Западот, но почнале да стануваат популарни и да се шират во поранешниот Советски Сојуз. Вежбањето со кетлбели станало честа пракса за луѓето во руралните средини, војската и Олимписките спортисти. Кревачите на тегови, Олимписките спортисти и војниците сите имале придобивки од користењето на кетлбели. Во додаток на нивната тренинг програма, Советските Олимписки кревачи на тегови ги користеле кетлбелите асиметрично со цел да ја зајакнат нивната послаба страна. До ден денес, земјите од стариот источен блок се потпираат на употребата на кетлбел за тренингот на нивните спортисти и војската.



Слика 3. Руски војници вежбаат со кетлбели

Руско истражување заклучило дека кетлбелите се одлична и ефтина алатка за подобрување на целокупниот фитнес и перформанс, и затоа кетлбелите станале кондициона алатка на Руската Армија.

"Кетлбелите ја подобруваат координацијата и агилноста (Лучкин, 1947, Лапутин, 1973). Кетлбелите развиваат професионални применливи квалитети и општа физичка спремност (Зиков, 1986, Грибан, 1990). Лопатин (2000) нашол позитивна корелација помеѓу ранкот во кетлбел спортот на еден војник и неговиот перформанс на курсот со пречки."

До 1960тите, кревањето на кетлбели било воведено во школите и универзитетите. Владата ги препознала многубројните придобивки кои кетлбелот ги имал врз работното население. Во 1981, официјална Комисија донела закон за

БИСТАНИКА

задолжителен кетлбел тренинг за масите, потпирајќи се на кетлбелите како ефективна и едноставна алатка да се зголеми продуктивноста и да се намалат трошоците за здравствената грижа.

Во подоцнежните години од дваесетиот век, Руските научници откриле дека репетитивното кревање кетлбели е една од најдобрите алатки за целосен физички развој. Вор Опајев (1983) набљудувал две група на студенти во период од неколку години. Биле користени стандардни физички тестови како: згибови, скок во далечина од место, 100 метри спринт и 1 километар трчање. Контролната група ја следела типичната универзитетска физичко-образовна програма, која што била војнички ориентирана и која ги нагласувала гореспоменатите вежби. Експерименталната група кревала само кетлбели. И покрај нивниот недостаток на практикување на вежбите од тестовите, експерименталната група постигнала подобри резултати на секој од тестовите.

Овие придобивки самите можат да го оправдаат постоењето на кетлбелите, но тие биле само почетокот. Изненадените истражувачи на познатиот Лесгафт Институт за Физичка Култура (Lesgaft Physical Culture Institute) во Ленинград (Виноградов & Лукјанов, 1986) нашле висока корелација помеѓу перформансот во натпреварувакото кревање кетлбели, the snatch и the clean-and-jerk, и голем број на различни тестови: сила, мерена со трите техники на кревање (Bench Press, Squat, Deadlift) и сила на фат, мускулна издржливост, мерена со згибови и склекови на разбој, општа издржливост, одредена со 1000 метри трчање, и капацитет на работа и рамнотежа, мерени со специјални тестови.

Од негово користење за мерење на жито до алатка за спортски развој и здравје, кетлбелот полека се развил и во спорт. Во 1970тите, спортот станал дел од Здружението на Сите Обединети Државни Спортови на СССР (United All State Sport Association of the USSR), но сеуште немало официјално правила и стандарди. Во 1974 бил официјално декларирал како етнички спорт на Русија. Конечно, во 1985 година бил создаден комитет за спортот за кревање на кетлбели и кетлбел спортот (познат и како *гиревој спорт*, руското име за кетлбел спортот) бил официјално формален спорт со натпреварувачки правила и прописи. Таа година првото СССР државно кетлбел првенство било одржано во Русија. Денес, кетлбелите се користат низ целиот свет во сите сфери на атлетиката, боречките вештини и општиот фитнес тренинг. Потребите за спортска специјализација го одвеле модерниот кетлбел да изгледа како во 60тите. Тие кетлбели се направени од челик и имаат предност што се сите со иста големина, без разлика на тежината. Во суштина, ѓулето е празно и се полни со плочи. Кетлбелите се со фиксни тежини. Тежините најчесто се

БИОМЕХАНИКА

зголемуваат за 4 килограми, многу ретко за 2 килограми. Некои производители нудат и прилагодливи дизајни.



Слика 4. Натпреварувачки дизајн



Слика 5. Обичен дизајн

Димензиите и дизајнот биле оптимизирани за комфорт и за подобрување на бројките на повторувања на snatch и jerk.

- Висина = 280мм
- Дијаметар на ѓуле = 210мм
- Дијаметар на рачка = 35мм (110мм обем)

1.2 Што е кетлбел?

Пред десет години, надвор од поранешниот Советски Сојуз ретко кој знаел што е кетлбел и како изгледа. Сега се чини дека речиси секој фитнес тренер користи кетлбели со клиентите за време на неговите фитнес часови. Што го прави тренингот со кетлбел толку ефективен за разлика од другите тренинг методи? Да се одговори на ова прашање, треба да се направи споредба со другите препознатливи тегови, а тоа се еднорачните тегови и теговите со шипка.

Кетлбелите имаат уникатен дизајн што ги одвојува од широко познатите еднорачни тегови и тегови со шипка, според формата и користењето. Конфигурацијата на рачката со ѓулето е тоа што го прави тренингот со кетлбел уникатен.

БИОМЕХАНИКА

За разлика од традиционалните еднорачни тегови, центарот на тежиштето на кетлбелот е надвор од раката.

Оваа конфигурација дозволува балистички, или брзи, занишувачки движења кои комбинираат и кардио-респираторен, силов и тренинг за флексибилност кои ја вклучува целата мускулатура на телото одеднаш. Покрај тоа што се одлични за целосен фитнес, овие видови на движења имитираат функционални активности како што се чистење на снег со лопата или работење во градина.

Кетлбел тренингот има две примарни цели. Прво, постои кетлбел тренинг за да се зголеми фитнесот и функционалноста со користење на широк спектар на движења во различни рамнини, користејќи различен број на повторувања и вежбајќи ги сите делови од телото. Кетлбел тренингот нуди речиси неограничени варијации на движења и програми и времетраењето може да биде кратко или долго. Второ, постои тренинг за натпреварување со кетлбел, кои вклучува обид да се направат што е можно повеќе повторувања за ограничено време. Традиционалните натпреварувачки техники на кревање се jerk со еден или два кетлбели, snatch со еден кетлбел, и long cycle или clean and jerk со еден или два кетлбели. Повеќето натпревари траат 10 мин, но истотака постојат и 3 и 5 минути спринт натпревари, маратони на континуирано кревање за 1 час или повеќе, и штафети. Натпреварувачкото кревање кетлбели бара високо ниво на кондиција и сила, аеробен капацитет и флексибилност.

1.3 Кетлбел за функционален фитнес и негови предности

Во последниве години, се појави нов начин за вежбање, наречен функционален фитнес и функционален тренинг. Функционалниот тренинг ги комбинира и модерните и античките методи во физичката подготовка со неврологијата со цел да го третира телото како функционална целина наместо колекција на делови. Со други зборови, овие модерни тренинг програми повеќе не не учат да ги изолираме мускулите или мускулните групи, туку тие ги вежбаат движењата и моторните модели што ни даваат ефективно движење. Телото може прецизно да се опише како кинетички, или движечки, ланец. Како ланец, телото се состои од серија меѓусебно поврзани делови. Овие делови формираат систем на лостови составени од зглобови и мускули, коски, нерви и сврзни ткива што работат заедно со зглобовите за да произведат ефективно движење. Приодот на функционалниот фитнес го препознава телото како интегрирана целина, и неговите алатки го вежбаат целото тело, а не само индивидуалните мускули.

БИОМЕХАНИКА

Кога станува збор за фитнес тренинг, зошто да се избере кетлбелот покрај другите многубројни опции кои се достапни? Што го прави кетлбелот толку специјален и зошто кетлбел тренинг е идеалното решение за фитнес целите?

- **Практични**

- Најпрво, кетлбелите се практични, бидејќи тие опфаќаат повеќе од еден физички атрибут, како силата или кардио-респираторниот фитнес. Кетлбелите ги комбинираат бенефитите од тонирање на мускулите, кардио-респираторната кондиција, мускулна издржливост, што доведува до зголемување на силата и моќта, подобрена флексибилност и опсег на движење, намалување на мастите, зголемување на мускулната маса, намален стрес итн. Ниедна друга алатка не прави толку работи истовремено.

- **Разновидност**

- Разновидност на кетлбелот како алатка за сила и кондиција без споредба. Длабокото екцентрично полнење што се случува кога ќе се заниша кетлбелот помеѓу нозете потоа развива моќна екстензија на колкот која е фундаментална во сите видови на атлетски движења, вклучувајќи трчање, скокање, чучнување, исчекорување, шутирање, и ги обликува и зајакнува глутеалните мускули, развивајќи здраво држење на телото. Неговото далечно тежиште ја максимизира силата и флексибилноста на рамото. Неговата заоблена рачка и динамичките модели на движење развиваат извондредна сила на рацете, фатот, стисокот и подлактицата. Кетлбелот го зајакнува и грбот од сите замислени агли, и статички и динамички. Формата на рачката и позицијата дозволуваат кетлбелот лесно да се префрли од една во друга како жонглирање, нешто што не може да се направи со друг вид на тег.

- **Уникатни**

- Како што беше спомнато претходно, кетлбелите се уникатни. Тие не се со иста форма и немаат исти својства како широко познатите еднорачни тегови и тегови со шипка, што се исто одлични алатки за вежбање но не се разноврсни како кетлбелите. Дизајнот на кетлбелот дозволува вежбачот не само да ги прави традиционалните движења туку и необични вештини како што е жонглирањето со кетлбел(префрлање од една во друга рака). Затоа што товарот е пред рачката, за разлика од еднорачните тегови, каде што товарот е во линија со рачката, дури и најосновните движења со кетлбел прават да се вежба со поголем опсег на движење, зголемувајќи ја флексибилноста и мобилноста која ја бара вежбата. На пример, не може да се заниша еднорачниот тег помеѓу нозете, но со кетлбел може. Занишувањето го зголемува опсегот на движење со кои може да се вежба

БИОМЕХАНИКА

карлицата, со тоа, зголемувајќи ја флексибилноста и регрутирајќи мускулни влакна кои вообичаено не би ги активирале.

- **Евтини**

- Кетлбелите се евтини, не зафаќаат многу простор и се погодни за потребите. Еден кетлбел чини помалку од 100 долари. Затоа што се направени од челик и железо, не се трошат, а со тоа не треба да се заменуваат, траат многу долго. Затоа што се лесно преносливи со кетлбел може да се вежба внатре и надвор, дома, во канцеларија, во гаража, фитнес сала или парк. Речиси нема ограничување каде може да се вежба со кетлбел.

- **Забавни**

- Тренингот со кетлбел е забавен, и не само затоа што добивате резултати брзо. Обично кога луѓето прв пат ќе направат тренинг, првите импресии и коментари се дека вежбањето со кетлбел е поразлично од се што досега го правеле. Кетлбелите бараат целосна ангажираност и на телото и на умот.

- **Ефикасни**

- Тренингот со кетлбел е ефикасен. Ако ефективна алатка е онаа што ја завршува работата, ефикасна алатка е онаа што ја завршува работата за пократко време. Токму тоа е кетлбелот, ефикасна алатка. Бидејќи тренингот со кетлбел комбинира тренинг за сила, анаеробен и аеробен кардио-респираторен тренинг, како и флексибилност и мобилност, никогаш повеќе нема да морате да поминувате часови секоја недела да го менувате тренингот од тежински на аеробен тренинг и истегнување.

- **Атлетски**

- Тренингот со кетлбели е атлетски. Не е само начин да се изгради телото туку и начин да се изградат вештините. Дури и ако не се чувствувате дека сте атлета, при тренингот со кетлбели ќе научите да се движите како едно. Тренингот со кетлбел помага да се развијат сите главни атлетски атрибути, вклучувајќи сила, моќ, мобилност, рамнотежа, агилност, координација, издржливост кои овој високо ефективен тренинг ги интегрира во едно. Кетлбел тренингот е еден од највозбудливите методи на вежбање кои некогаш се користеле во фитнесот и спортската кондициска подготовка. Кетлбелот помага за подобрувањето на здравјето, фитнесот и физичките перформанси со губење на маснотии и градење на атлетско, функционално тело.

БИОМЕХАНИКА

2. МЕТОД НА РАБОТА

2.1 Примерок на техники со кетлбел

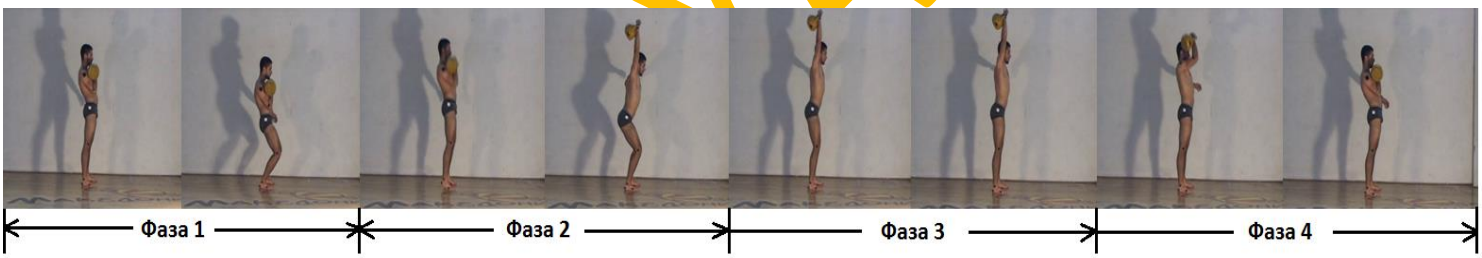
Во оваа дипломска работа се анализирани четири од најчесто применуваните техники на вежбање со кетлбел (12 кг).

1. Clean



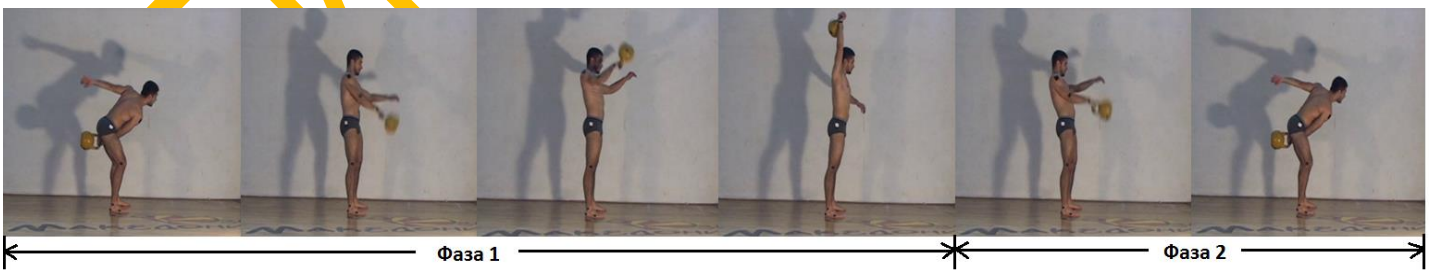
Слика 6. Киноrрам на техниката Clean

2. Jerk



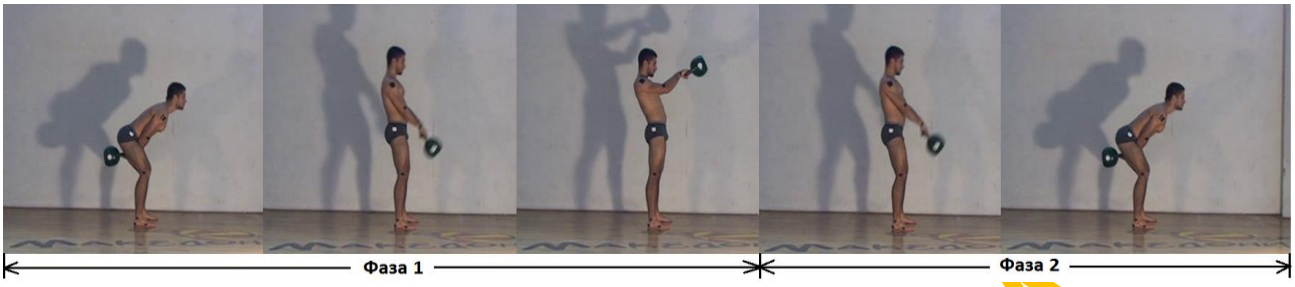
Слика 7. Киноrрам на техниката Jerk

3. Snatch



Слика 8. Киноrрам на техниката Snatch

4. Swing



Слика 9. Кинограм на техниката Swing

2.2 Примерок на испитаници и техника за преземање на податоците

Истражувањето е спроведено на еден испитаник (возраст 23 г, телесна висина 179 см, телесна маса 81 кг) студент на ФФОСЗ кој има неколку годишно искуство во вежбањето со кетлбел. Испитаникот беше во соодветна спортска опрема и соодветно загреан пред изведувањето на техниките.

На снимањето му претходеше подготовка на просторот која вклучуваше контрастна позадина, прецизно означување на анатомските точки на телото, адекватно осветлување и сл.

Движењето за цело време беше во видното поле на камерата и истото беше снимено со камера со голема брзина модел Casio Exilim FH100 прилагодена со фреквенција на снимање 120 слики во секунда и просторна резулуција 640x480 пиксели. Камерата беше позиционирана перпендикуларно на 12 м оддалеченост од рамнината на движење со цел што повеќе да се избегне грешката во перспективата (Payton, C.J & Bartlett, R, 2008).

2.3 Анализа на податоците

Секое движење (техника) беше изведена во две серии од 5 до 10 повторувања со пауза меѓу сериите 1-2 минути, а само втората серија беше снимена во целост од која едно повторување беше искористено за анализа.

Со оглед на тоа дека техниките се изведуваат приближно во една рамнина, десет површински контрастни маркери беа поставени на соодветни анатомски точки според Dempster's модел (Robertson, E.G.D. et al. 2014) ушниот канал, C7-T1, гленохумералниот зглоб, оската на лакотот, оската на зглобот на дланката, метакарпофалангеалниот зглоб на средниот прст од шаката, кетлбелот, големиот трохантер, феморалниот кондил, надворешниот глужд и метатарзалниот зглоб на средниот прст од стапалото за да се дефинираат осумте телесни сегменти (глава,

БИОМЕХАНИКА

труп, надлактица, подлактица, шака, натколеница, потколеница и стапало). Со примена на софтверот KINOVEA 0.8.25 беше извршена мануелна дигитализација на секој петти фрејм, при што беа добиени координатите од секоја анатомска точка на едната страна од телото. Добиените координати потоа се внесени во ексел каде преку претходно креиран алгоритам се пресметани резултатите од аголната кинематика (линеарно поместување, изминат пат, линеарна брзина) на заедничкото тежиште на телото на вежбачот и кетлбелот. Добиените дигитализирани координати потоа беа филтрирани со дигиталниот Butterworth 2nd pass филтер со оптимална фреквенција од 4 Hz, која претходно беше одредена според анализата на резидуали (Winter, D.A., 2009).

3. РЕЗУЛТАТИ

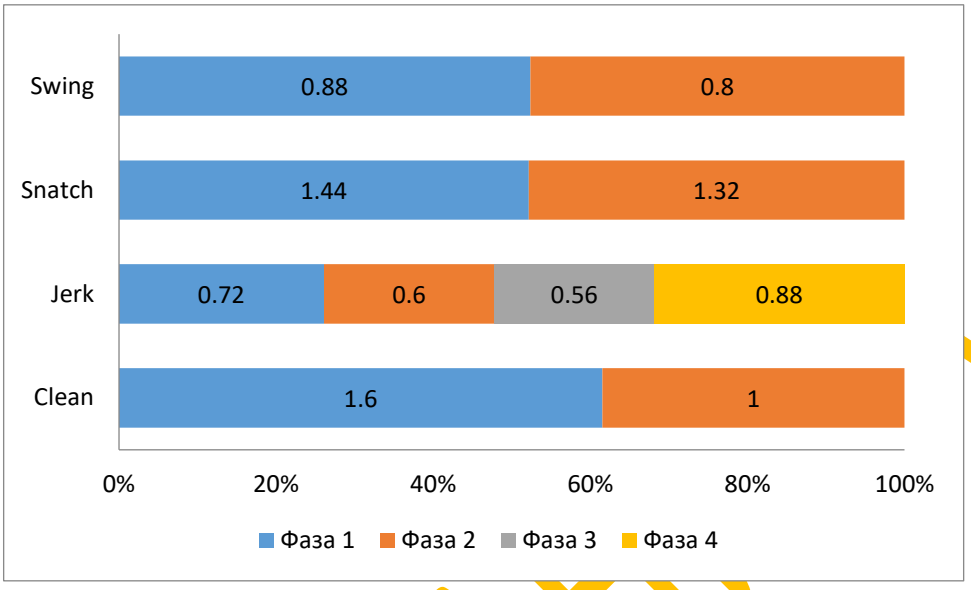
Резултатите од временските карактеристики на движењата анализирани преку времетраењето, темпото и бројот на фазите се претставни во табела 1, а резултатите од ритамот на движењето е прикажан на графикон 2.

Табела 1. Временските карактеристики на вежбите со кетлбел (времетраење и темпо)

Движење	**Времетраење (s)**	**Темпо (Hz)**	**Број на фази**
Clean	2,6	0,384	2
Jerk	2,76	0,362	4
Snatch	2,76	0,362	2
Swing	1,68	0,595	2

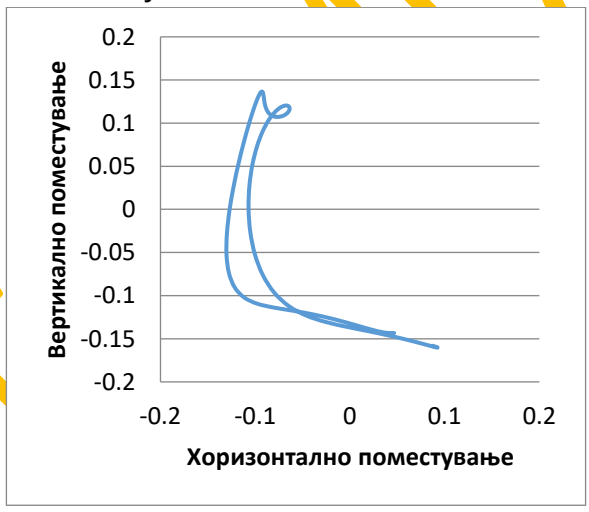
БИОМЕХАНИКА

Графикон 3. Времетраење на фазите и ритам на движењето

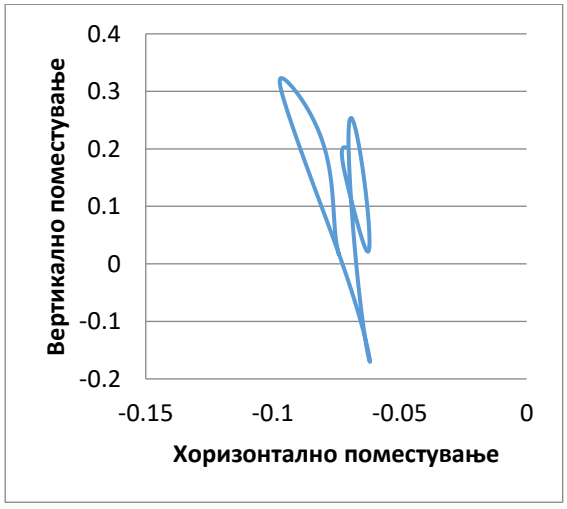


Тракторијата на заедничкото тежиште кај четирите техники е прикажано на графиконите 2-5.

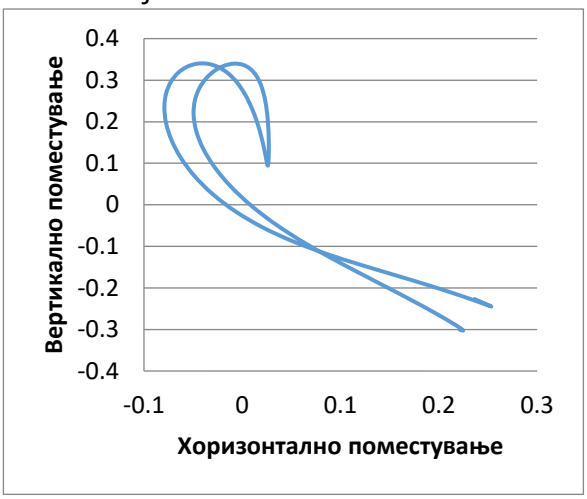
Графикон 2. Траекторија на заедничкото тежиште кај Clean



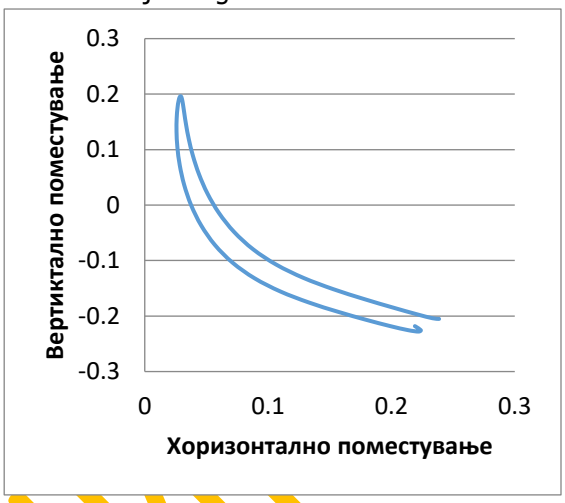
Графикон 3. Траекторија на заедничкото тежиште кај Jerk



Графикон 4. Траекторија на заедничкото тежиште кај Snatch



Графикон 5. Траекторија на заедничкото тежиште кај Swing



На графиконите 6-9 се прикажани хоризонталните и вертикалните поместувања на заедничкото тежиште во секоја од дефинираните фази на движењата.

Графикон 6. Хоризонтално и вертикално поместување на заедничкото тежиште кај Clean (m)

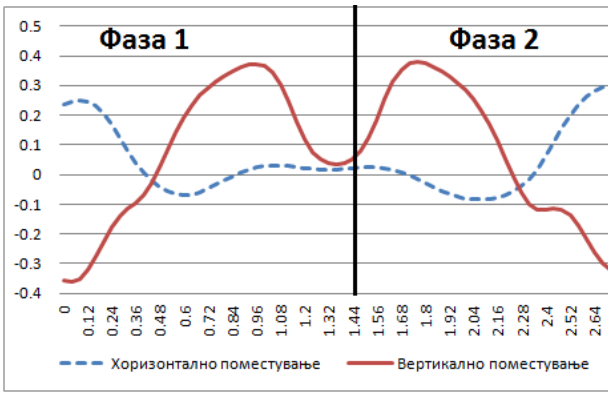


Графикон 7. Хоризонтално и вертикално поместување на заедничкото тежиште кај Jerk (m)



МЕХАНИ

Графикон 8. Хоризонтално и вертикално поместување на заедничкото тежиште кај Snatch (m)

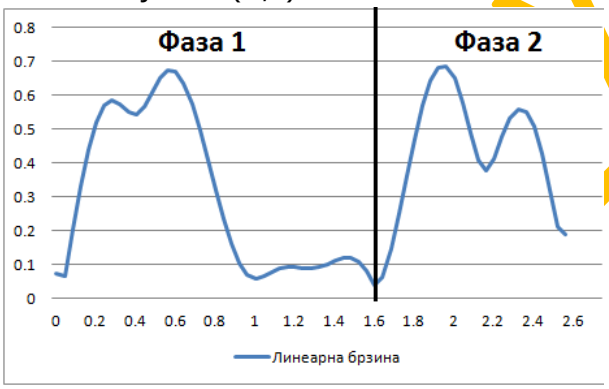


Графикон 9. Хоризонтално и вертикално поместување на заедничкото тежиште кај Swing (m)



Линарната брзина на заедничкото тежиште кои ги дефинира просторно временските карактеристики на движењете е прикажана на графиконите 10-13.

Графикон 10. Линеарна брзина на заедничкото тежиште кај Clean (m/s)



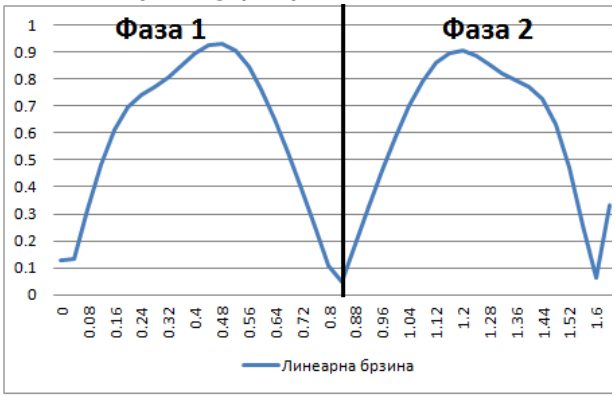
Графикон 11. Линеарна брзина на заедничкото тежиште кај Jerk (m/s)



Графикон 12. Линеарна брзина на заедничкото тежиште кај Snatch (m/s)

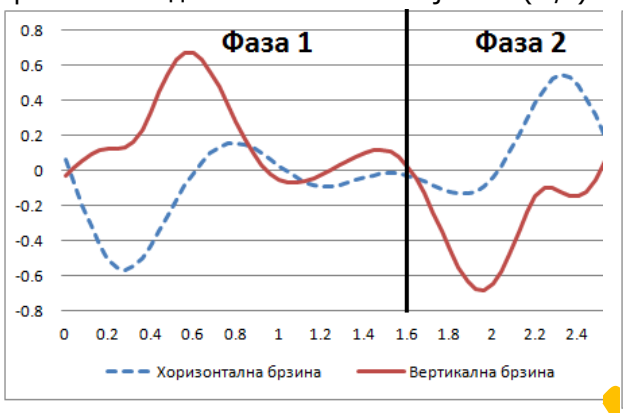


Графикон 13. Линеарна брзина на заедничкото тежиште кај Swing (m/s)

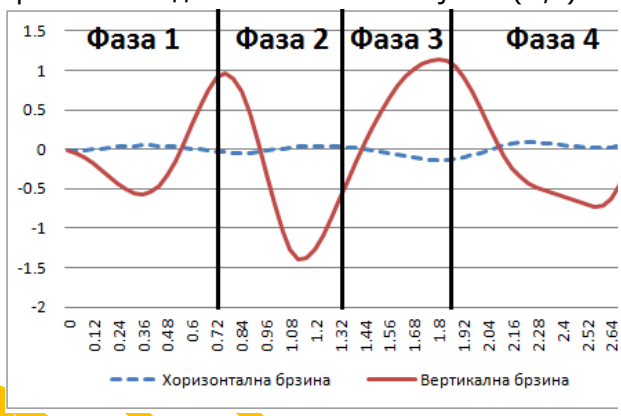


На графиконите 14-17 се прикажани хоризонталните и вертикалните брзини на заедничкото тежиште.

Графикон 14. Хоризонтална и вертикална брзина на заедничкото тежиште кај Clean (m/s)



Графикон 15. Хоризонтална и вертикална брзина на заедничкото тежиште кај Jerk (m/s)



Графикон 16. Хоризонтална и вертикална брзина на заедничкото тежиште кај Snatch (m/s)



Графикон 17. Хоризонтална и вертикална брзина на заедничкото тежиште кај Swing (m/s)



Бисерка Ди

4. ДИСКУСИЈА

Од анализата на резултатите прикажани во табела 1 кои се однесуваат на временските карактеристики на движењето може да се констатира дека најкусо времетраење со највисоко темпо движење е присутно кај техниката Swing (1,68 s; 0,595 Hz) додека идентично односно најдолго времетраење со најниско темпо на движење е присутно кај техниките Jerk и Snatch (2,76 s; 0,363 Hz). Во однос на времетраењето на фазите на движењето исто така се забележува дека кај техниките Clean, Snatch и Swing првата пропулзивна (позитивна, концентрична) фаза има подолго времетраење во однос на втората ретропулзивната (негативната, ексцентрична) фаза. Најголем број на фази има техниката Jerk, додека останатите техники имаат по две фази.

Ритамот на движењето преку кој се дефинира односот на должината на времетраењето на движењето изразена како однос на меѓувремето потрошено на одредени делови од движењето е прикажан на графиконот 1. Инспекцијата на графиконот покажува дека техниките swing и snatch имаат различно времетраење и темпо но сепак имаат идентичен ритам.

Ако ги погледнеме сликите 6-9 и извршиме квалитативна биомеханичка анализа, може да се констатира дека земајќи ги предвид фазите на движењето, па потоа траекторијата на движењето на деловите на телото, и на крај траекторијата на движењето на кетлбелот кој се однесува како нишало, техниките Clean, Snatch и Swing се многу слични и истите можат да се класифицираат во движечки образец со занишување на кетлбелот напред и горе (CSS). Оваа констатација ја поткрепува и обликот на кривите од хоризонталното поместување на заедничкото тежиште кај анализираните техники кои се приближно тополошки еквивалентни, што укажува на постоење на слична кординација во текот на целото движење. Bullock et al. 2017 истражувале три техники на занишување Swing со две раце до висина на рамо, Swing со две раце до над глава и Swing со две раце со индијанска палка, и притоа исто така потврдиле дека тие се механички слични.

Од друга страна пак, кај техниката Jerk покрај динамичката мускулна активност на рацете и раменскиот појас, присутна е и динамичка мускулна активност на долните ектремитети особено мускулните групи на натколеницата. Кај оваа техника се забележува и симултана мускулна координација за која е карактеристично едновременото мускулно напрегање со цел да се совлада товарот и движењето да може да се изведе во целост. Ваквиот вид на мускулна координација особено е присутна кај совладувањето на тежок товар, но во овој случај таа координација не

БИОМЕХАНИКА

е предизвикана од тежината на кетлбелот туку од начинот (принудата) на изведба на техниката (задачата).

Најголемо хоризонтално поместување е присутно кај Snatch околу 0,3 m, а најмало кај Clean околу 0,04 m, имајќи предвид дека целта на Jerk-от е кетлбелот да се движи колку што е можно праволиниски во насока горе-долу. Што се однесува до техниката Snatch потребно е поголемо компензаторно движење на деловите од телото во хоризонтална насока со цел телото да ја одржи стабилната положба, имајќи предвид дека вежбачот се наоѓа во нестабилна рамнотежна положба.

Најголемо вертикално поместување има техниката Snatch приближно 0,7 m, а најмало Clean приближно 0,3 m.

Во однос на линеарната брзина на заедничкото тежиште, најголема брзина 1,4 m/s е присутна кај техниката Jerk, која својот максимум го достигнува на почетоткот на втората половина од втората фаза.

Најдолг период на стабилизација на линеарната брзина на најниска стапка (графикон 10) што укажува на минимално движење на тежиштето на телото кое присутно кај техниката Clean во моментот кога кетлбелот е подигнат во највисока точка, а трае во интервал од 0,6 s, по што претстои започнување на втората фаза.

Хоризонталната брзина на заедничкото тежиште има најголеми вредности кај техниката Snatch која ја достигнува во втората половина од втората фаза (околу 0,8 m/s). Најголема вертикална брзина е регистрирана кај техниката Jerk приближно -1,4 m/s во втората фаза, која се карактеризира со експлозивно мускулно дејство на екстензорите во зглобот на коленото, екстензорите во зглобот на лактот и флексорите во зглобот на рамото во насока нагоре. Веднаш потоа се преминува во ексцентричен (амортизирачки) режим на дејствување на екстензорите во зглобот на коленото кога и се достигнува максималната брзина.

БИОМЕХАНИКА

5. ЗАКЛУЧОК

Познавањето на биомеханичките карактеристики на движењата многу прецизно може да ја дефинира техниката на движењата, а тоа овозможува детектирање на ризичните движења за настанување на повреди, подобрување на перформансот и спортскиот тренинг.

Имајќи го предвид погоре наведеното, може да се констатира дека иако анализираните техники се изведуваат приближно во една рамнина и поседуваат симетричен образец на движење (освен техниката Jerk), сепак нивните кинематичките карактеристики анализирани преку временските, просторните и просторно-временските карактеристики покажуваат дека тие имаат сложена биомеханичка структура.

Според добиените кинематички карактеристики техниката Jerk се одликува со најсложена биомеханичка структура и бара најголемо мускулно дејствување при изведбата, иако има најмало хоризонтално поместување на тежиштето и најмала хоризонтална брзина.

Останатите три техники имаат слична биомеханичка структура, меѓутоа треба да се имаат предвид нивните следни биомеханички карактеристики:

- Clean претавува техника со асиметрична анатомска изведба и се одликува со најмало хоризонтално и вертикално поместување на заедничкото тежиште во однос на останатите техники од CSS;

- Snatch е техника со асиметрична анатомска изведба која се карактеризира со најголема линеарна брзина и најголемо вертикално поместување на заедничкото тежиште меѓу техниките CSS;

- Swing има најкусо времетраење со највисоко темпо на движење од сите CSS техники.

Покрај информациите од линеарната кинематика, за поиздржана биомеханичка анализа на овие техники потребно е да се опфатат и други аспекти како што се: аголната кинематика, степентот на мускулната активност, динамичките карактеристики, енергетските карактеристики и др.

Сепак добиените информации можат да бидат од корист во планирањето, програмирањето и реализирањето на тренингот преку избор на оптимални вежби за учење на анализираните техники, избегнување на несаканите повреди, рационализација на техниката на изведување на движењето и подобрување на перформансата.

БИОМЕХАНИКА

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Bartlett, R. (2007). *Introduction to sports biomechanics, analysing human movement patterns* 2nd Edition. Routledge.
2. Bullock, S.G., Schmitt, C.A., Shutt, M.J., Cook, G., & Butler, J.R. (2017). Kinematic and kinetic variables differ between kettlebell swing styles. *Int J Sports Phys Ther.* 2017 Jun; 12(3): 324–332.
3. Winter, D.A., (2009). *Biomechanics and motor control of human movement* 4th edition. John Wiley & Sons, INC.
4. Ilic, D., Vasiljev, R., I Mrdakovic, V. (2009). *Biokinematika sporta.* Samostalno izdanje autora.
5. Knudson, V.D. (2013). *Qualitative diagnosis of human movement* 3th Edition. Champaign, IL: Human Kinetics.
6. LAKE, P.J. &,. A.M. (2012). Mechanical demands of kettlebell swing exercise. *JSCR* 26(12)/3209–3216*, NSCA.*
7. Payton, C.J., & Bartlett, R., (2008). *Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise*. The British Association of Sport and Exercise Sciences Guidelines.Routledge.
8. Robertson, D.G., Caldwell, E.G., Hamill, J., Kamen, G., & Whittlesey, N.S. (2014). *Research methods in biomechanics* 2nd edition. Champaign, IL: Human Kinetics.
9. Sanchez, T. (2009). *Kettlebell sport & athlete preparation*. Aalbort Sportshojske & Traenerkademiet.
10. Cotter, S. (2014). *Kettlebell training.* Champaign, IL: Human Kinetics
11. Tsatsouline, P. (2002). *From Russia with Tough Love: Pavel's Kettlebell Workout for a Femme Fatale.* United States of America. Dragon Door Publications, Inc.
12. Туфекчиевски,А., и Ацески, А., (2009). *Биомеханика, второ прошиено и дополнето издание*. Факултет за физичка култура – Скопје.

БИОМЕХАНИКА