

# VJEŽBE OTVORENOG I ZATVORENOG KINETIČKOG LANCA U REKREATIVNOM VJEŽBANJU I KINEZITERAPIJI

---

**Skočilić, Vilim**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:479306>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-16**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:  
magistar kineziologije –Prvostupnik Kineziterapije)

**Vilim Skočilić**

**VJEŽBE OTVORENOG I ZATVORENOG KINETIČKOG  
LANCA U REKREATIVNOM VJEŽBANJU I KINEZITERAPIJI**

Diplomski rad

Mentor:  
izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Zagreb, rujan, 2022.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

---

izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Student:

---

Vilim Skočilić

## VJEŽBE OTVORENOG I ZATVORENOG KINETIČKOG LANCA U REKREATIVNOM VJEŽBANJU I KINEZITERAPIJI

### **Sažetak:**

U područjima rekreacije i kineziterapije nerijetko se spominje odabir vježbi iz koncepta otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca. Oba koncepta imaju zajedničke karakteristike i svoju primjenu, bitno je poznavanje njihovih osnovnih biomehaničkih i fizioloških razlika kod odabira vježbi. Prilikom izvođenja odabranih vježbi otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca moguć je diferenciran utjecaj na lokomotorni sustav ovisno o cilju kineziološkog tretmana. Vježbe otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca imaju svoje prednosti i nedostatke, njihovom usporedbom, načinom praktične primjene u treningu i kineziterapiji sa rekreativnom populacijom može se kvalitetnije odabrati skup vježbi za rješavanje određenog kineziološkog problema. Cilj je dobro poznavanje karakteristika oba koncepta, a ne traženja odgovora na pitanje „koji je koncept bolji“ jer oba imaju svoje prednosti i nedostatke. Poznavanjem značajki oba koncepta odabir vježbi za grupu i pojedinca može biti primjereniji ciljevima te se rezultati u tjelesnom vježbanju i kineziterapiji mogu postići na brži, učinkovitiji i svrsishodniji način.

**Ključne riječi: Otvoreni kinetički lanac, zatvoreni kinetički lanac, rekreacija, kineziterapija**

## **OPEN AND CLOSED KINETIC CHAIN EXERCISES IN RECREATIONAL TRAINING AND KINESITHERAPY**

### **Abstract:**

In the fields of recreation and kinesitherapy, the selection of exercises from the concept of open and closed kinetic chain is often mentioned. Both concepts have common characteristics and applications for themselves, and it is important to know their basic biomechanical and physiological differences. When performing selected open and closed kinetic chain exercises, we can influence the locomotor system differently depending on the goal of the kinesiological treatment. Open and closed kinetic chain exercises have their advantages and disadvantages, by comparing them, the method of practical application in training and kinesitherapy with the recreational population, you can choose a better set of exercises to solve a particular kinesiological problem. The goal is to have a good knowledge of the characteristics in both concepts, and not to separate them into a concept which is better because neither of those two concepts is ideal. With a quality knowledge of the characteristics, the selection of exercises for the selected group and individuals can be of better quality and the results can be achieved in a better and more meaningful way.

**Key words: Open kinetic chain, closed kinetic chain, recreation, kinesitherapy**

# Sadržaj

1. Uvod.....	6
2. Koncept kinetičkog lanca.....	7
3. Koncept zatvorenog kinetičkog lanca.....	9
3.1. Općenito – zatvoreni kinetički lanac.....	9
3.2. Prednosti i nedostaci koncepta zatvorenog kinetičkog lanca.....	11
3.3. Praktična primjena vježbi zatvorenog kinetičkog lanca u rekreativnom vježbanju.....	14
4. Koncept otvorenog kinetičkog lanca.....	17
4.1. Općenito o konceptu otvorenog kinetičkog lanca.....	17
4.2. Prednosti i nedostaci koncepta otvorenog kinetičkog lanca.....	18
4.3. Praktična primjena vježbi otvorenog kinetičkog lanca u rekreativnom vježbanju.....	20
5. Usporedba vježbi otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca.....	23
6. Vježbe otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca u kineziterapiji.....	29
6.1. Rehabilitacija ACL-a.....	32
6.2. Rehabilitacija patelofemuralnog sindroma.....	33
7. Zaključak.....	35
8. Literatura.....	37

# 1. Uvod

Koncept otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca je prvi predstavio Arthur Steidler sredinom 20-og stoljeća ističući da su udovi dijelovi krutog lanca povezani sustavom zglobova u tijelu koji čini zatvoreni sustav. Zatvoreni kinetički lanac predstavlja način izvođenja vježbi i pokreta gdje su udovi svojim distalnim djelom čvrsto vezani za podlogu ili nepomični objekt. Vježbe otvorenog kinetičkog lanca okarakterizirane su time da se distalni dijelovi ekstremiteta slobodno kreću dok su proksimalni dijelovi nepomični. Podjelom vježbi na otvoreni i zatvoreni kinetički lanac dobiva se jedinstvena perspektiva koja govori o biomehaničkim i fiziološkim karakteristikama samih vježbi i koncepta kojem pripadaju. Vježbe iz pripadajuće vrste kinetičkog lanca dijele zajedničke karakteristike što nam uvelike može pomoći kod planiranja i programiranja treninga u općoj rekreativnoj populaciji, te također u sportskoj profesionalnoj populaciji, iako ona ovdje nije tema ovoga rada. Tema koncepti otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca nije dovoljno istražena da postoje odgovori na razna pitanja njihovih međusobnih razlika kod izvođenja vježbi sa istim ili identičnim obrascem kretanja. Trenutno ne postoje istraživanja koja su uspoređivala vježbe otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca kako bi utvrdili koji obrazac se pokazao efektivnijim po pitanju razvoja određenih motoričkih sposobnosti poput izdržljivosti, snage i jakosti. Većina dosadašnjih istraživanja i radova govori o osnovnim razlikama između ova dva koncepta. Priroda i fiziologija temeljnih mišićnih kontrakcija uključenih u izvođenje pokreta u zglobovima (npr. izotoničke, izometrijske ili izokinetičke mišićne kontrakcije) usko su povezani, ali neovisni koncepti o kojima se u ovom radu ne raspravlja. Koncept otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca u pokretima zglobova može se primijeniti izravno na izvođenje vježbi i dnevnih aktivnosti. Većina terapijskih vježbi je složena i uključuje kombinaciju karakteristika otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca. Cilj rada je definirati otvoreni i zatvoreni kinetički lanac kroz postojeću literaturu i istraživanja, te uzeti spoj kinetike, kinematike i funkcionalne anatomije kako se taj koncept prenosi u vježbanju sa općom populacijom i u kineziterapiji. Tim znanjem se odabir pojedinih vježbi otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca može vršiti s većom sigurnošću i točnošću u rješavanju svakodnevnih problema populacije rekreativnih vježbača.

## 2. Koncept kinetičkog lanca

„Koncept kinetičkog lanca predstavljen je od strane Franz Reuleaux-a u 1875-oj godini. Opisivao je kako je ljudsko tijelo sačinjeno od niza krutih i preklapajućih segmenata tijela (kostiju i mišića) koji su međusobno povezani zglobovima, te kreiraju pokrete koji se prenašaju sa jednog zgloba na drugi čineći to kinetičkim lancem. Koncept kinetičkog lanca je zatim spominjao Arthur Steindler (1977), napominjao je da se unutar ljudskog tijela svaki ud može smatrati dijelom krutog lanca, u većem sustavu povezanom zglobovima. Sustav se smatra zatvorenim ako su oba kraja tijela ili jedan od njih povezani u nepomičnom stavu, čime se sprječava translacija perifernog ili distalnog dijela tijela“ (Ellenbecker i Davies, 2001). Kinetički lanac jest posuđeni inženjerski koncept koji je podosta pomagao u shvaćanju temeljne fiziologije i biomehanike ljudskog pokreta. Njegovim razumijevanjem olakšan je razvoj novih i racionalnijih strategija rehabilitacije. Koristi se u širokoj raznolikosti kliničkih slučajeva uključujući mišićno-skeletne, neurološku rehabilitaciju, ortopediju i kineziologiju te kineziterapiju (Karandikar i Vargas, 2011). Vrsta konfiguracije kreira sustav gdje pokret u jednome zglobu generira kretanja u svim ostalim zglobovima na predvidljiv način i može se nazvati konceptom zatvorenog kinetičkog lanca. Iako se ljudski ekstremiteti mogu smatrati krutim, preklapajućim segmentima i strukturama u nizu, Steindler je predložio da se pravi kinetički lanac nikada ne događa u ekstremitetima i da postoje dvije vrste kinetičkih lanaca pod različitim uvjetima opterećenja udova u ljudskom tijelu. Objašnjavao je da kada stopalo ili ruka naiđu na znatan otpor, regrutiranje mišića i sami pokreti zglobova drugačiji su nego kada se stopalo ili ruka potpuno slobodno kreću. Točnije, otvoreni kinetički lanac postoji kada se periferni zglob tj. ekstremitet može slobodno kretati, kao što bi bilo primjerice mahanje rukom ili kretanje stopala naprijed tijekom faze zamaha hoda. Suprotno tome, zatvoreni kinetički lanac postoji kad god stopalo ili šaka naiđu na nepokretni otpor, kao što je to prilikom izvedbe vježbe zgiba ili čučnja. Steindler je izjavio da istinski zatvoreni kinetički lanac postoji samo tijekom izometrijske vježbe, budući da se prema definiciji ni proksimalni ni distalni zglob ne mogu pomicati u zatvorenom sustavu. Koristeći definiciju koju je predložio Steindler, u nekim sportovima sportaš koristi gornji ekstremitet što bi spadalo pod pokret otvorenog kinetičkog lanca, kao što su bacanja, pokreti u golfu, šutovi u košarci ili izvođenje teniskog udarca.



Međutim, neki sportaši nose težinu na distalnom dijelu ekstremitetu kako bi se zaštitili od pada ili da bi izveli određene sportske napore; takvi sportovi uključuju gimnastičare, boksače, nogometaše i hrvачe. Također, sportovi poput plivanja, bacanja, skijaškog trčanja koriste principe brzog otvaranja i zatvaranja kinetičkog lanca za kretanje tijela kroz prostor. Sportaši u ovim sportovima često koriste svoje gornje ekstremitete na otprilike isti način kao što sportaš koristi donje ekstremitete tijekom trčanja i skakanja. Tijekom trčanja sportaš provede 60-80% vremena s barem jednom nogom podignutom od tla tj. u zraku, dok samo 20-40 % vremena provedu s jednom nogom na tlu (Wilk, 1995). Stoga, čini se da trčanje kao aktivnost ne možemo svrstati kao zatvorenu ni otvorenu aktivnost kinetičkog lanca, već kao kombinacija brzu izmjene između otvaranog i zatvaranog kinetičkog lanca, što nazivamo brzim sukcesijama u doslovnom prijevodu (*eng. rapid successions*).

Gledajući iz perspektive biomehanike, bitan je svaki njen segment koji se odražava na perspektivu tj. interpretaciju samih pokreta unutar vježbi otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca. Biomehaniku se može definirati kao primjenjivanje mehanike gibanja koju proizvode biološki sustavi (Karandikar i Vargas, 2011). Proučavanje biomehanike zahtijeva razmatranje resultantnih gibanja koje proizvode sile. Kinematički segment je više usmjeren na kvalitativnu izvedbu pokreta, usmjerava percepciju na prostorno-vremenski odnos, poziciju tijela, te brzinu i akceleraciju segmenata tijela prilikom izvedbe pokreta. Bitna karakteristika za kinematičku perspektivu jest da je ona vidljiva ljudskim okom. Sa druge strane, kinetička perspektiva ima drugačije karakteristike te njena perspektiva nije vidljiva odnosno mjerljiva ljudskim okom. Potrebna je kvantitativna analiza kako bi se došlo do njenih podataka. Kinetička analiza pokreta istražuje područje rada koje se bavi silama koje djeluju na sustav proučavanja prilikom izvedbe pokreta, radilo se to o ljudskom tijelu ili vanjskom objektu. Bitan aspekt kinetike jest da ljudsko tijelo prilikom izvedbe pokreta mora nužno proizvesti sile koje su odgovorne za sva naša kretanja, te održavanja raznih tjelesnih i posturalnih pozicija u tijelu kada se pokret ne dešava. Pogled sa biomehaničkog stajališta može pomoći u produblivanju i razrješavanju problematike kada u pitanje dolazi odabir između vježbi otvorenog i zatvorenog tipa kinetičkog lanca.

### **3. Koncept zatvorenog kinetičkog lanca**

#### **3.1. Općenito – zatvoreni kinetički lanac**

Koncept zatvorenog kinetičkog lanca predstavljaju vježbe ili pokreti koji se izvode na način da je distalni segment ekstremiteta fiksiran odnosno nepomičan, dok se kroz izvedbu pokreta proksimalni dijelovi tijela približavaju i udaljavaju distalnom (stacionarnom) dijelu tijela kroz izvedbu pokreta. Pokreti u sustavu zatvorenog kinetičkog lanca okarakterizirani su na način da sila koja je proizvedena u fiksiranom, distalnom dijelu tijela prilikom početka izvođenja pokreta, u većini slučajeva generira kretanje i u ostalim dijelovima tijela. Najjednostavniji primjer vježbe zatvorenog kinetičkog lanca jest čučanj. Prilikom izvedbe čučnja, stopala kao distalni segment tijela stoje fiksirana na tlu i ne pomiču se kroz pokret, dok ostali proksimalni dijelovi tijela imaju određenu slobodu kretanja.

Vježbe zatvorenog kinetičkog lanca teško je zajednički grupirati i sistematizirati jer se neke od njih mogu obavljati sa i bez dodatnog opterećenja, sa rekvizitima ili bez njih. Sve vježbe općenito, rijetko se odvajaju na koncept otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca, no kad bi ih trebali sistematizirati na što jednostavniji način, može se zaključiti da velika većina vježbi zatvorenog kinetičkog lanca jesu vježbe koje se provode sa vlastitom tjelesnom masom. Za većinu vježbi tog tipa nisu potrebni rekviziti ni dodatna oprema. Većina ih se može izvoditi na tlu ili na fiksiranim spravama poput vratila, paralelnih ruča gdje nam je uvijek jedan od distalnih dijelova tijela fiksiran tj. nepomičan kroz izvedbu same vježbe, kao primjerice čučanj, sklek ili stoj na rukama. Karakteristično jest da se često za vježbe zatvorenog kinetičkog lanca u rekreacijskom vježbanju opisuje da spadaju pod vježbe za početnike gdje nije moguć daljnji napredak nakon određene faze, izjave tog tipa nisu u potpunosti točne jer postoji niz varijacija istih vježbi koje se mogu otežati na određeni način koristeći se principom smanjenja poluge.

Vježbe zatvorenog kinetičkog lanca su gotovo uvijek dostupne i vrlo praktične po pitanju izvedbe za opću populaciju i rekreativce. Takvima se opisuju upravo radi njihove jednostavnosti, ne zahtjevnosti po pitanju opreme i rekvizita, te spomenute dostupnosti. Za vježbe zatvorenog kinetičkog lanca karakteristična je ko-kontrakcija puno drugih mišićnih skupina koje nisu primarni

mišići koji su najviše opterećeni kroz sam pokret, tj. tzv. sinergistički mišići. Za primjer se može uzeti vježba sklek. Prilikom izvedbe skleka, primarne mišićne skupine jesu veliki prsni mišić (*m. pectoralis major*) te troglavi mišić nadlaktice (*m. triceps brachii*). Sam pokret ne bi bio moguć da nemamo velik broj ko-kontraktora u mišićima koji održavaju poziciju tijela, te nam uvelike pomažu u stabilnosti prilikom izvedbe. Neki od tih mišića jesu abdominalni mišići koji svojim kontrakcijama u poziciji skleka sprječavaju anti-ekstenziju trupa, mišići nogu tj. četveroglavi mišić natkoljenice (*m. quadriceps femoris*) koji sprječava fleksiju u koljenom zglobu i ostali. U većini pokreta i vježbi zatvorenog kinetičkog lanca veliku stabilizatorsku i sinergističku funkciju ima trup. „Snažan trup može ne samo značajno minimizirati opterećenje na kralježnički sustav, no također poboljšava jakost i izdržljivost perifernih zglobova i omogućava kinetički prijenos energije na distalne segmente tijela kroz pokret“ (Yorukoaylu i sur., 2019).

Hipotetski govoreći, ukoliko bi opća populacija bila educiranija i upućenija u osnovne vježbe i pokrete sa vlastitom masom koji su sami po sebi poprilično jednostavni i dostupni, veliki pomaci po pitanju zdravlja opće populacije mogli bi biti učinjeni. Vježbe sa vlastitom masom mogu se provoditi gotovo bilo gdje i pomoću njih možemo pozitivno djelovati na gotovo sve organske sustave sa naglaskom na živčano-mišićni, te srčano-žilni sustav. Kada bi se barem u nekoj mjeri naglasak stavio na higijenu i preventivu bolesti po pitanju zdravlja putem raznih medija koje većina ljudi konzumira, velike stvari bi mogle biti učinjene što bi uvelike rasteretilo današnji zdravstveni sustav te dovelo do više razine zdravlja opće populacije. Nažalost, s obzirom da živimo u razdoblju koje je na vrhuncu kapitalizma, gdje od zdravih ljudi nema masovne zarade pogotovo u farmaceutskoj industriji, ta ideja nije toliko moguća i sama vizija zvuči previše idealističkog karaktera. Dok sama farmaceutska industrija po zadnjim podacima vrijedi oko 1,27 triliona američkih dolara (Mikulic, 2020) i njena zarada iz godine u godinu kumulativno raste. Unatoč tome, zadaća kineziologa, te svog educiranog osoblja u branši tjelesne aktivnosti, fitnessa, zdravstva te higijene ljudskog tijela, trebala bi težiti ka tome da ljudima na jednostavan i zanimljiv način pobudi interes i želja za tjelesnom aktivnošću i brigom o svome zdravlju. Tim putem bi sve veći broj ljudi imao cilj pokrenuti vlastito tijelo te u većoj mjeri uzeti odgovornost za vlastito zdravlje.

### 3.2. Prednosti i nedostaci koncepta zatvorenog kinetičkog lanca

Prednosti koncepta zatvorenog kinetičkog lanca jesu dostupnost i jednostavnost. Većina vježbi zatvorenog kinetičkog lanca predstavljaju vježbe sa vlastitom masom koje možemo provoditi praktički bilo gdje i sa minimalnom količinom opreme i pomagala. Uzevši u obzir današnji tempo svakodnevnog života, količinu obaveza i manjak vremena koji većina opće populacije ima, vježbe sa vlastitom masom mogu biti spas po pitanju održavanju fizičkog zdravlja tijela. Takve vježbe mogu se provoditi na raznim mjestima koja su puno dostupnija i jednostavnija za provođenje nego fiksirani odlasci u razne fitness centre. Na određeni način populaciji rekreativnih vježbača se ostavlja dosta slobode po pitanju vremenske i prostorne organizacije oko bavljenja tjelesnom aktivnošću. „Fizička aktivnost u prirodi, u praksi inače zvano „Green exercise“ može pružiti dodatne zdravstvene pogodnosti u prevenciji raznih bolesti te poboljšanju zdravlja opće populacije“ (Shanahan i sur. 2019.).

Postoji nekoliko načina na koje se mogu pojaviti dodatne zdravstvene pogodnosti kod vježbanja u prirodnom okruženju. Jednostavno kada bi populacija imala bolji pristup prirodnom okruženju, kao što su parkovi, igrališta ili šume, osigurao bi se prostor i sadržaji za tjelesnu aktivnost, što zauzvrat može potaknuti aktivniji način života. Iako intuitivan, dokaz da pristup prirodnom okruženju (tzv. zeleni i plavi prostor) može promicati tjelesnu aktivnost je dvosmislen i nije još u potpunosti dokazan, ali je dokazano da boravak u prirodi kao takav potiče ljude na tjelesnu aktivnost i kretanje, te da sama aktivnost može trajati duže ili većeg intenziteta u prirodnom okruženju. Meta analiza Laharta i sur. (2019) ukazuje da u većini randomiziranih kontrolnih istraživanja dokazuje se da vježbanje u prirodi, tj. vježbanje na otvorenom ima niz brojnih prednosti za zdravlje rekreativaca. Proučavani dio podataka iz meta-analize gdje su se ispitivale određene varijable uspoređivao je utjecaj vježbanja na zatvorenom (eng. *indoor training*) i otvorenom prostoru (eng. *outdoor training*) gdje se zadavao identični trenažni podražaj. Neki od statistički značajnih varijabli, koje dokazuju pozitivan utjecaj za vježbanje na otvorenom jesu: poboljšanje subjektivnog osjećaja unutaršnjeg mira, bolja percepcija napora, smanjeni depresivni simptomi, smanjena anksioznost, povećana frekvencija srca za koju se pretpostavlja da nastaje radi

manje tjelesne temperature koja je bila prisutna u prirodnom okruženju, poboljšanje sistoličkog i dijastoličkog krvnog tlaka te poboljšanje postizanja optimalnijeg postotka balaste mase.

Većina vježbi zatvorenog kinetičkog lanca uključuju velik broj mišićnih skupina koje sinergistički djeluju kroz izvedbu pokreta izazivajući ko-kontraksije agonista i antagonista. Polazeći sa tom pretpostavkom može se reći da na taj način kroz izvedbu samih vježbi dolazi do aktivacije velikog broja mišićnih skupina u cijelome tijelu. Uzevši za primjer vježbu sklek, intuitivno bi zaključili da ta vježba jedino aktivira prsne mišiće (*m. pectoralis major*) i mišiće ruku (*m. triceps brachii*), no kao i u većini ostalih vježbi zatvorenog kinetičkog lanca, sinergistički se aktiva i velik broj ostalih mišićnih skupina poput mišića trupa (*m. rectus abdominis*), mišića nogu (*m. quadriceps femoris*), te podosta mišića oko lopatičnih kostiju (*m. serratus anterior*) kao stabilizatori u pokretu. U većini osnovnih ljudskih pokreta poput hodanja, trčanja, iskoraka, skleka i slično, možemo uočiti da kroz njihovu izvedbu tijelo funkcionira kao cjelina, a ne kao pojedinačne karike u velikom lancu, što također ide u prilog vježbama zatvorenog kinetičkog lanca. U današnjoj modernoj civilizaciji u kojoj živimo, većina opće populacije pored vlastitog posla, obiteljskih, socijalnih i ostalih obaveza rijetko imaju vremena i mogućnosti za izdvajanja vremena za brigu o fizičkom zdravlju putem tjelesne aktivnosti. Za rekreativne sportaše i opću populaciju poznavanje vježbi zatvorenog kinetičkog lanca tj. vježbe s vlastitom tjelesnom masom može biti učinkovito radi postizanja globalnog mišićnog zamora unutar kraćeg vremena te ostvarivanja podražaja na cijelo tijelo s manjim brojem vježbi. Treba naglasiti da mišićni zamor nije cilj, već može služiti kao jedno od mjerila učinkovitosti nakon obavljene trenažne aktivnosti u rekreaciji.

Mane vježbi zatvorenog kinetičkog lanca mogu biti njihova monotonost odnosno ograničenost broja vježbi nakon određene faze trenažnog razvoja te potencijalno složen način za napredak bez pomoći stručnog osoblja nakon određenog vremena. Kod vježbi zatvorenog kinetičkog lanca, poželjno je krenuti sa vježbama koje su na prilagođenoj razini tjelesne pripremljenosti pojedinca. Mana te ujedno i prednost ovih vježbi jest da ih ima mnogo, te da je potrebna određena količina znanja kako bi se odabrala optimalna varijacija za pojedinca u zadanom trenutku. Mana može biti kompleksnost vježbi za pojedinca koji nije dovoljno upućen u proces vježbanja koristeći samo vlastitu masu, dok na isti taj način prednost može biti ta ista

raznovidnost što nas navodi da uživamo u samom procesu vježbanja te postupnom tjelesnom napretku i razvoju. Cilj i odabir vježbi ovisi o željama pojedinca i načinu vježbanja kojemu se želi posvetiti. Za primjer progresivnog razvoja u vježbama zatvorenog kinetičkog lanca može se ponovno uzeti vježba sklek (Slika 1.), konačna i najteža varijacija može biti jednoručni sklek, dok početna najlakša varijacija jest sklek sa rukama na povišenju. Kada se savlada optimalna početna razina, s ciljem napretka kod ove vježbe, počinje se prvo sa snižavanjem razine povišenja u skleku sve do razine tla, zatim se postupno prebacuje težina na jednu ruku sa raznim varijacijama vježbi dok se ne dođe do konačne verzije. Ovakvi primjeri odabira optimalne razine intenziteta vježbe kod osobe u procesu rekreativnog vježbanja mogu predstavljati problem za samo praćenje te samo programiranje budućeg procesa u vlastitom treningu. Ograničenost vježbi zatvorenog kinetičkog lanca se pojavljuje u trenutku postizanja konačne varijacije zadane vježbe (što većini predstavlja sklek i klasični zgibovi) gdje većina rekreativaca prestane sa korištenjem istih vježbi u vlastitome treningu. Jedno od rješenja može biti stavljanje dodatnog opterećenja na vlastitu masu gdje se otvaraju dodatna vrata razvoju i napretku u vlastitom procesu treninga kod opće populacije, ali sa čime se ujedno gubi ta jednostavnost provođenja istih vježbi bez pomagala i rekvizita.



**Slika 1.** Progresivno opterećenje u vježbi zatvorenog kinetičkog lanca u vježbi sklek

### 3.3. Praktična primjena vježbi zatvorenog kinetičkog lanca u rekreativnom vježbanju

Steven Low (2011) navodi na bazično-rekreativnoj razini da „sila predstavlja silu“. Želi se napomenuti da tijelo ne prepoznaje razliku između vrste vanjskog otpora ili onog uzrokovanog vlastitom tjelesnom masom. Nadalje, ukoliko primijenimo adekvatnu količinu stresa na živčano-mišićni sustav kroz razne varijacije vježbi s vlastitom tjelesnom masom kroz određeni period, mogu se zamijetiti povećanja u mišićnoj masi i mišićnoj jakosti.

Nakon određene faze unutar trenažnog programa sa vježbama zatvorenog kinetičkog lanca, umjesto dodavanja vanjskog opterećenja na vlastitu tjelesnu masu, kvalitetnim programiranjem i vođenjem trenažnih programa sa vlastitom masom može se postići značajan rezultat u povećanju relativne snage pojedinca bez promjena u povećanju mišićne mase. Povećanje relativne snage sa vježbama u zatvorenom kinetičkog lancu može se postići praćenjem principa smanjenja poluge. Najbitniji princip za daljnji napredak u vježbama zatvorenog kinetičkog lanca jest princip smanjenja poluge. Princip poluge u trenažnom procesu predstavlja zauzimanje mehaničke prednosti sa ciljem da se asimetrično optereti jedna strana tijelo na račun rasterećenja druge strane tijela i obrnuto. Praktični primjer primjene principa smanjenja poluge može biti varijacija vježbe zgib „*Archer pull up*“ (Slika 2) gdje je jedna ruka ispružena kroz cijelo vrijeme trajanja pokreta na način da se druga strana tijela optereti čim više kroz izvedbu pokreta. Tim se načinom mehanički koristi tijelo u korist vlastitog razvoja tako da se potiče živčano-mišićna prilagodba na novi pokret odnosno poziciju tijela (Low, 2011). Ovo bi bio način kako se može sa vlastitom težinom stvarati daljnji napredak bez korištenja dodatnog vanjskog opterećenja što bi u ovom slučaju bili zgibovi s dodatnim opterećenjem. Smanjenje poluge prilikom tjelesnog vježbanja se može se primarno postići načinom promjenom pozicije tijela što rezultira promjenom dužine mišića na drugoj strani tijela.



**Slika 2.** „Archer pull up“ - primjena principa smanjenja poluge na vježbi zgib

Vježbe zatvorenog kinetičkog lanca sa svojom karakteristikom sinergističkih kontrakcija velikog broja mišićnih skupina kroz izvedbu u većini vježbi, u rekreativnoj se populaciji može iskoristiti kao prednost za ostvarivanje jačeg živčanog-mišićnog stimulansa tijekom tjelesnog vježbanja. Meta analiza od Kang-a i sur. 2019-te godine sa uzorkom od 356 ispitanika dokazuje pomoću EMG-a da *Push up plus* verzija skleka na rukama značajno više aktivira mišić prednji nazupčani mišić (*m. serratus anterior*) ukoliko se vježba provodi na način da se ruke flektiraju po kutom od 110-120 stupnjeva te se pokret završava sa potpuno ispruženim rukama i dodatnim pokretom depresije i protrakcije lopatica. Istom vježbi na isti način provođenja također je EMG-om utvrđeno značajno manja aktivacija mišića gornjeg trapeziusa (*m. trapezius*).



Lefever (2005) je u svom radu naglasio dvije važne varijable vezane za vježbe u konceptu zatvorenog kinetičkog lanca: 1) postavljanje težišta tijela i 2) pozicioniranje krajnjeg segmenta ekstremiteta, posebice za donji par ekstremiteta. Izvedbom pokreta gdje dolazi do fleksije i ekstenzije u koljenom zglobu u vježbama zatvorenog kinetičkog lanca, raznim pozicijama tijela i postavljanja težišta mogu se aktivirati različite mišićne skupine u većoj ili manjoj mjeri (Slika 3). Ukoliko centar tjelesne mase postavimo direktno iznad koljena (Slika 3, sredina), mišići ekstenzora koljena će se kontrahirati u većoj mjeri kako bi zadržali kontrolu pokreta, nasuprot tome ukoliko centar mase postavimo iza koljena i peta (slika 3, lijevo), veći stres i mišićni rad će vršiti ekstenzori kuka za kontrolu pokreta. Nadalje, ukoliko je centar tjelesne mase postavljen ispred koljena (slika 3, desno), mišićni stražnje strane potkoljenice (*m. gastrocnemius*) će biti aktivni u većoj mjeri jer su prisilni biti aktivni radi kontrole pokreta. „Stoga položaj težišta tijela iznad osi zglobova može izravno utjecati na regrutaciju mišića u vježbama zatvorenog kinetičkog lanca“ (Lefever, 2005).



**Slika 3.** Utjecaj promjene centra težišta tijela preko osi zgloba na mišićnu aktivnost u konceptu zatvorenog kinetičkog lanca (Lefever, 2005)

Pozicija terminalnog segmenta u transverzalnoj ili frontalnoj ravnini je vrlo važno prilikom izvedbi vježbi zatvorenog kinetičkog lanca. „Uzevši primjer, kada je stopalo postavljeno u pronacijskom položaju, dolazi do prekomjerne unutarnje rotacije kompletnog ekstremiteta što posljedično povećava količinu stresa na zglob koljena, posebice medijalni dio. Ova vrsta položaja može utjecati na pojavljivanje ili pogoršavanje stanja patelofemuralnog sindroma i boli, ili može potencijalno negativno utjecati na proces zacjeljivanja kapsuloligamentnih struktura oko koljena“ (Souza i sur., 2010.).

## **4. Koncept otvorenog kinetičkog lanca**

### **4.1. Općenito o konceptu otvorenog kinetičkog lanca**

Prema definiciji Arthura Steindlera (1962) otvoreni kinetički lanac predstavlja kombinaciju sukcesivno posloženih zglobova u tijelu gdje se krajnji segment tijela može gibati slobodno. Jednostavnije rečeno pokreti u otvorenom kinetičkom lancu se dešavaju kada se distalni dijelovi ekstremiteta gibaju slobodno kao primjerice u mahanju rukama, stojećem potisku šipke iznad glave ili sjedećoj ekstenziji potkoljenice na trenažeru. „Vježbe otvorenog kinetičkog lanca karakterizira pretežno pokret unutar jedne ravnine, uzevši primjer sjedeće ekstenzije potkoljenice na trenažeru, pokret se primarno dešava u sagitalnoj ravnini“ (Ellenbecker i Davis, 2001). Generalno govoreći u vježbama otvorenog kinetičkog lanca broj pokretnih segmenata je najčešće limitiran na jedan. U sjedećoj nožnoj ekstenziji proksimalni segment trupa i koljenog zgloba (*c. Femoris*) je u stacionarnom položaju tijekom izvedbe pokreta nožne ekstenzije dok drugi segment zgloba (*c. Tibialis*) ima mogućnost slobodne kretnje. Može se zaključiti da vježbe otvorenog kinetičkog lanca imaju u samom startu izvedbe dobru kontrolu i stabilnost u većini pokreta radi fiksiranih proksimalnih segmenata tijela prilikom izvedbe vježbi. Karakteristika vježbi otvorenog kinetičkog lanca jest da se u njima može na učinkovit način izolirati mišić prilikom izvedbi pokreta.

U većini literature koja je dostupna danas, prilikom spominjanja vježbi otvorenog kinetičkog lanca često se generalizira da služe jedino kod izolacijskih pokreta, što nije u potpunosti točno. Vježbe otvorenog kinetičkog lanca mogu također biti kompleksne vježbe, gdje se uključuje veliki broj mišićnih skupina poput stojećeg potiska šipke iznad glave (*eng. barbell military press*), ležećeg potiska na klupici sa šipkom (*eng. barbell bench press*) ili veslanja u pretklonu sa šipkom (*eng. bent over barbell row*). Kod navedenih vježbi dokaz prisutnosti otvorenog kinetičkog lanca jest stabiliziran ili fiksiran proksimalni dio tijela, gdje završni dijelovi ekstremiteta upravljaju opterećenjem, primicanjem tereta prema tijelu (povlačenja) ili potiskom tereta od tijela (potisci). Bitna karakteristika vježbi otvorenog kinetičkog lanca jest kvalitetno upravljanje intenzitetom tj. praćenje opterećenja tijekom longitudinalnog procesa treninga. Većina vježbi otvorenog kinetičkog lanca, uključuje vanjsko dodatno opterećenje, stoga je prilično jednostavno rekreativnim vježbačima odrediti opterećenje radnih serija u trenažnom procesu.

#### **4.2. Prednosti i nedostaci koncepta otvorenog kinetičkog lanca**

Bitne prednosti vježbi otvorenog kinetičkog lanca jesu jednostavnost i sigurnost. Jednostavnost i sigurnost su bitne prednosti kod vježbi ovoga tipa jer većina vježbi su izolacijskog karaktera koje svojim tipom i načinom izvođenja smanjuju mogućnost ozljeđivanja rekreativne populacije ukoliko se vježbe izvode sa adekvatnim opterećenjem. Sprave koje se nalaze u većini fitness centara, služe za izolaciju pojedinih mišićnih skupina poput primjerice sjedeće ekstenzije nogu za veliki četveroglavi mišić natkoljenice (*eng. seated leg extensions*) ili biceps pregib na Scott-ovoj klupici (*eng. Scott's bench bicep curls*). Upravo radi svog načina izvođenja, stabilnosti ostatka tijela koji je nepomičan tijekom izvedbe te izvođenja pokreta u samo jednoj ravnini (u ovom slučaju sagitalna ravnina), vježbe otvorenog kinetičkog lanca mogu biti vrlo sigurne za izvođenje u rekreativnoj populaciji sa kvalitetnim praćenjem opterećenja. Praćenje opterećenja u izolacijskim i kompleksnim vježbama otvorenog kinetičkog lanca je vrlo efikasno jer se prati kvantitativnim putem gdje je mjerna jedinica najčešće izražena u kilogramima. Preciznim praćenjem opterećenja kvalitetno se prati i intenzitet svakog treninga, pomoću čega se lakše ostvaruju ciljevi rekreativne populacije. Postupnim i progresivnim povećanjem opterećenja

(Princip progresivnosti) ili održavanje trenutnog, pojedinac i stručno osoblje zavisno o individualnoj situaciji pojedinca, imaju konstantan uvid u stanje i fazu trenažnog procesa što je bitan i sastavni dio treninga rekreativaca.

Prednost vježbi otvorenog kinetičkog lanca kao što je spominjano u više navrata jest mogućnost izvođenja izolacijskih pokreta. Izolacijski pokreti u sferi rekreativne populacije mogu podosta koristiti prilikom saniranja raznih asimetrija ili utvrđenih slabosti u kineziterapiji, također ako je osoba ozlijedila jedan dio tijela (uzevši za primjer ozljedu *m. quadricepsa* na desnoj nozi), ona i dalje ima mogućnost izvođenja vježbi otvorenog kinetičkog lanca za cijeli gornji dio tijela te čak izolacijsku vježbu za donji dio tijela, u ovom primjeru vježbe ekstenzije ili fleksije sa lijevoj nozi. Ukoliko rekreativni vježbači imaju ciljeve estetskog karaktera, što nije rijetkost današnje populacije, vježbe otvorenog kinetičkog lanca pomoću svojih izolacijskih vježbi omogućuju dodatni rad na regijama pojedinca koje žele poboljšati, za žene je to najčešće glutealna regija i mišiću nogu, dok kod muškaraca najčešće mišići gornjeg dijela tijela.

Prednost, te ujedno i mana jest da vježbe otvorenog kinetičkog lanca se u većini slučajeva provode na spravama ili sa slobodnim utezima. Sprave i slobodno utezi svoje mjesto najčešće zauzimaju u fitness centrima ili sličnim ustanovama koje su najčešće u obliku zatvorenog prostora. Rijetkog su postojanja teretane na otvorenom ili slučajevi da pojedinci imaju svoju vlastitu opremu kod kuće za obavljanje istih vježbi, najčešći razlog tome jest ne adekvatan prostor te poprilično zahtjevan financijski pothvat za oblikovanje „vlastite teretane“. Vježbanje u zatvorenim prostorima ima svoje prednosti i nedostatke. Zatvoreni prostori su neovisni o vremenskim uvjetima te ih to može činiti nedodirljivima kada su prisutni nepogodni vremenski uvjeti poput kiše, jakog vjetra ili čak visokih i niskih temperatura na otvorenom prilikom različitih godišnjih doba. Prednost također može biti dostupnost svlačionica i sanitarnog čvora u teretanama koje čine njeni sastavni dio, pojedinci u rekreaciji mogu obaviti kompletan zdravstveni i higijenski dio na istome mjestu. Laharat i sur. (2019) u svojoj meta-analizi navode da fitness centri kao ustanove zbog svoje jedinstvene svrhe za obavljanjem tjelesne aktivnosti i vježbanja, kod raznih pojedinaca kreiraju fiksaciju i poistovjećivanje istog prostora sa tjelesnom aktivnošću što ih samim dolaskom čini psihološki spremnima za vježbanje. Nedostatak fitness centara može biti ograničen prostor za

vježbanje, potencijalno velik broj rekreativnih vježbača koji istovremeno provode vlastiti trening, te ne tako rijetka zagušljivost i visoka količine vlage u zraku.

Zavisno o individualnoj situaciji pojedinca u rekreaciji, vježbe otvorenog kinetičkog lanca sa slobodnim utezima bez poduke i načina izvođenja, mogu biti kompleksne te predstavljaju problem osobama koje se žele započeti svoj proces rekreativnog vježbanja. Radi svoje kompleksnosti prilikom izvođenja gdje se svo opterećenje najčešće nosi na distalnim dijelovima ekstremiteta, ostvarivanjem opterećenja na manji broj zglobova postoji mogućnost ozljeđivanja kroz određeno razdoblje. Stoga je bitno da pojedinac bude potkovan pravilnim načinom izvođenja vježbi i pravilnim obrascem pokreta.

#### **4.3. Praktična primjena vježbi otvorenog kinetičkog lanca u rekreativnom vježbanju**

Prilikom započinjanja procesa vježbanja u konceptu otvorenog kinetičkog lanca, rekreativna populacija bi trebala biti upućena u način i tehniku izvođenja vježbi, bilo to kroz edukativni sadržaj ili pomoć i asistenciju stručnog osoblja. Na taj način se odmah u startu trenažnog procesa uči pravilan obrazac pokreta, gdje se posljedično kroz vrijeme može sigurnije povećavati intenzitet i opterećenje u vježbama, s manjom mogućnošću ozljeđivanja.

Bitni principi sportskog treninga prema Milanoviću (2013.) koji su primjenjivi i bitni za opću rekreativnu populaciju jesu princip progresivnosti i princip kontinuiranosti. Princip progresivnosti definira potrebu stalnog povećanja opterećenja kroz individualni trenažni proces pojedinca. Držeći se principa progresivnosti, pojedinac osigurava svoj napredak u treningu što je i bit samog procesa. Progresivnim i kontinuiranim povećanjem opterećenje ostvaruje se vidljivi psihofizički napredak kroz vrijeme koji pozitivno djeluje na motivaciju rekreativaca za daljnjim bavljenjem tjelesnim vježbanjem. Jednako važan princip jest princip kontinuiranosti koji nam tumači da se trenažni proces mora kontinuirano odvijati kako bi osoba zadržala naviku bavljenja vježbanjem i brigu o vlastitom tijelu. Ovaj princip može biti važniji s gledišta usporedbe konzistencije bavljenja tjelesnom aktivnošću i napretka koji se ostvaruje kroz povećanje

intenziteta. Rekreativna populacija većinom vježba iz zdravstveno-preventivnih razloga, te ih većina ne sudjeluje na organiziranim natjecanjima što bi bilo objašnjenje zašto kontinuiranost u ovome slučaju može biti važnija od progresivnosti.

„Ključan faktor za uspjeh u treningu sa otporom za bilo koju razinu spremnosti u fitnessu jest prilagođeni program vježbanja. Pored planiranja i programiranja samog trenažnog programa, važno je da provođenje treninga sa otporom bude nadzirano od strane kvalificiranog osoblja radi prevencije od ozljeda te maksimiziranja zdravstvenih i fizičkih potencijala“ (Kraemer i Ratamess, 2004). Praktična smjernica za rekreativnu populaciju kod vježbi sa slobodnim utezima i na spravama jest da se trening sastoji od većeg broja više zglobnih vježbi te nekolicinom vježbi izolacijskog karaktera. U slučaju vježbi otvorenog kinetičkog lanca to bi bile vježbe poput ležećeg potiska na klupi (*eng. Barbell bench press*), vertikalnog povlačenja na lat mašini (*eng. Lat pulldown*) ili nožni potisak na *leg press* spravi. Razlog tomu jest što više zglobne vježbe uključuju kompleksniju živčanomišićnu aktivaciju i njihovu koordinaciju, radi veće količine mišićne mase koja je uključena u pokrete (i veće težine koje se mogu podići), ove vježbe se smatraju najučinkovitijima za povećanje mišićne snage i jakosti (Kraemer i Ratamess, 2004). Stoga u pojedinačnom treningu savjetuje se korištenje vježbi koje uključuju veće mišićne skupine, pa postupno kroz ostale vježbe ciljati manje mišićne skupine, drugačije rečeno može se krenuti sa više zglobnim vježbama, postupno prema vježbama izolacijskog karaktera.

Intenzitet u vježbama otvorenog kinetičkog lanca je najčešće mjerljiv jednostavnom kvantitativnom ljestvicom izraženom u kilogramima, imajući u vidu da se većinski radi o vježbama koje uključuju vanjski otpor i opterećenje. Opterećenje opisuje količinu podignute kilaže na vježbama i vrlo je ovisno o drugim varijablama u pojedinačnom treningu poput redoslijeda vježbi, volumena odnosno ekstenziteta treninga, frekvencije treninga, vrste mišićnih kontrakcija, brzine ponavljanja te odmora između vježbi (Kraemer i Ratamess, 2000.). Promjenama opterećenja tijekom treninga može se značajno utjecati na akutne metaboličke, hormonalne, neuralne i kardiovaskularne podražaje na trening (Fleck, 2003). Preporučena kilaža, odnosno opterećenje zavisi o individualnom trenažnom statusu pojedinca te ciljevima treninga. Primjerice, lagana opterećenja u iznosu od 45-50% od 1 RM-a ili manje mogu povećati dinamičku mišićnu jakost u prijašnje ne treniranoj populaciji (Andreson i Kearney, 1982), u inicijalnoj početnoj fazi treninga

sa vanjskim opterećenjem karakteristična su poboljšanja motoričkog učenja i koordinacije. Dakle, velika opterećenja nisu potrebna za povećanje jakosti u početnoj fazi dok se pojedinac bavi usavršavanjem pravilnog obrasca i tehnike izvođenja. Međutim, veća opterećenja su potrebna ukoliko je cilj povećanje maksimalne jakosti kako bi pojedinac napredovao sa srednje do visoke razine pripremljenosti zavisno o svojoj individualnoj situaciji i mogućnostima. Za lakše usklađivanje ciljeva te određivanje intenziteta, korisna može biti Prillepin-ova tablica intenziteta za razvoj jakosti (Tablica 1).

**Tablica 1.** Prillepin-ova tablica za razvoj jakosti sa slobodnim utezima (Prillepin, 1975)

Postotak od 1RM-a	Ponavljanja u radnoj seriji	Optimalni ukupan broj ponavljanja	Raspon broja ponavljanja
55% - 65%	3 - 6	24	18 -30
70% - 80%	3 -6	18	12 - 24
80% - 90%	2 - 4	15	10 - 20
90%	1 -2	7	4 - 10

## 5. Usporedba vježbi otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca

Koncepti otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca mogu se lakše klasificirati utvrdi li se je li završni segment ekstremiteta fiksiran ili ima mogućnost slobodnog kretanja te utvrdivši način na koji se savladava opterećenje kroz pokrete. Vježbe otvorenog kinetičkog lanca rezultiraju najčešće s pokretima unutar jedne ravnine kretanja gdje je proksimalni dio tijela fiksiran dok distalni dijelovi ekstremiteta izvode pokret, dok s druge strane vježbe zatvorenog kinetičkog lanca uključuju fiksiran jedan ili oba završna segmenta ekstremiteta i pokreti se izvode unutar više ravnina u zglobovima. Primjer vježbi koje uključuju sličan obrazac pokreta te angažiranost istih mišićnih skupina u otvorenom i zatvorenom kinetičkog lancu bila bi vježba sklek (zatvoreni kinetički lanac) i potisak s klupe (otvoreni kinetički lanac) kao što je prikazano na Slici 7. Biomehanički gledajući, u obje vježbe se opterećenje savladava na sličan način. Ramena tj. nadlaktice se nalaze u blagoj horizontalnoj abdukciji te je evidentna fleksija u zglobu lakta, mišićna aktivnost je također slična što dokazuju Blackard i sur. (1999) u svom istraživanju u kojem su uspoređivali elektromiografski aktivnost duge glave tricepsa te velikog prsnog mišića.





**Slika 7.** Sklek (zatvoreni kinetički lanac) i potisak s klupe (eng. *barbell bench press*, otvoreni kinetički lanac)

Vježbe otvorenog kinetičkog lanca rezultiraju izoliranim pokretima u određenom zglobu i mogu biti učinkovitije kada se radi o poboljšanju izolacijske jakosti odabranih mišićnih skupina, dok vježbe zatvorenog kinetičkog lanca uključuju ko-kontraksije agonističkih, te veći broj sinergističkih i antagonističkih mišićnih skupina prilikom izvedbe pokreta. Važno je za napomenuti da je temeljna razlika između koncepta otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca odnos približavanja proksimalnih i distalnih dijelova tijela prilikom izvedbe pokreta. U zatvorenom lancu, prilikom koncentrične faze proksimalni dio tijela se primiče distalnom, dok u otvorenom lancu distalni dijelovi tijela se primiču proksimalnim u vježbama povlačenja. Kod pokreta gdje se vrši potisak je sve isto, samo se zamjenjuju faze koncentričnih i ekscentričnih kontrakcija što bi značilo da se u zatvorenome lancu proksimalni dijelovi tijela približavaju distalnim u ekscentričnoj fazi, a udaljavaju u koncentričnoj fazi. Razlika između navedena dva koncepta može biti pojednostavljeno sistematizirana ako bi generalno zaključili da se većina vježbi otvorenog

kinetičkog lanca izvodi na raznim trenažerima gdje su nam proksimalni dijelovi tijela fiksirani, te vježbe sa slobodnim utezima gdje se vanjskim opterećenjem upravlja sa distalnim djelom ekstremiteta. Vježbe zatvorenog kinetičkog lanca se lakše mogu klasificirati na vježbe sa vlastitom tjelesnom masom u kojim je distalni dio ekstremiteta gotovo uvijek fiksiran te se pokreti mogu izvoditi sa i bez dodatnog vanjskog opterećenja, u slučaju vanjskog dodatnog otpora težine se najčešće dodaju na vlastitu masu pomoću raznih pomagala poput vesti sa dodatnim opterećenjem ili pojasa sa dodatnim opterećenjem. Karandikar i Vargas (2011) su saželi prikaz karakteristika oba koncepta koji je prikazan u Tablici 2.

**Tablica 2.** Sažeti prikaz karakteristika koncepta otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca (Karandikar i Vargas, 2011)

	<b>Karakteristike koncepta</b>
<b>Zatvoreni kinetički lanac</b>	Povećane tlačne sile na veći broj zglobova
	Povećana podudaranost zglobova u pokretu (rad većeg broja sinergističkih skupina mišića, posljedično povećana stabilnost)
	Smanjenje posmične sile na zglobove
<b>Otvoreni kinetički lanac</b>	Povećana distrakcija i rotacione sile u zglobovima
	Povećana mogućnost deformacije zglobova (posljedično manja stabilnost u izvedbi)
	Veće posmične sile na zglobovima

Progresivnost i varijabilnost u vježbama otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca nije jednaka u oba koncepta, iako temeljni principi ostaju isti. U vježbama zatvorenog kinetičkog lanca, napredak se ostvaruje kroz povećanje broja ponavljanja i/ili radnih serija, kroz princip smanjenja poluge te dodavanjem vanjskog dodatnog opterećenja na vlastitu tjelesnu masu. Iz navedenih razloga napredak kroz vježbe zatvorenog kinetičkog lanca može biti složen ukoliko osobe iz rekreativne populacije imaju zadane ciljeve. Ukoliko je cilj primjerice hipertrofija, trebalo bi konstantno kroz određeni vremenski period modificirati vježbe smanjenjem poluge ili dodavanjem dodatnog opterećenja kako bi se zadržali u optimalnom broju ponavljanja i serija kroz trenažni proces, što bi u ovom slučaju bio raspon ponavljanja između 6RM i 12RM. Potrebno je poznavanje raznih progresivnih varijacija u vježbama za razne mišićne skupine kako bi se ostvarivao konstantni napredak kroz vrijeme. Nije rijetkost da se u navedenoj problematici rekreativna populacija ne snalazi u samostalnom planiranju i programiranju treninga nakon određene faze, te im je potrebna pomoć stručnog osoblja za daljnji napredak. Sa druge strane, napredak u vježbama otvorenog kinetičkog lanca je podosta jednostavniji. Vježbe otvorenog kinetičkog lanca u većini slučajeva ostaju iste, gdje je prvobitni cilj usvajanje i usavršavanje obrasca pokreta te tehnike izvođenja vježbi. Zatim, kroz vrijeme se radi na povećavanju dodatnog vanjskog opterećenja kroz veće težine na spravama i slobodnim utezima. U vidu progresivnosti, vježbe otvorenog kinetičkog lanca mogu biti jednostavnije za samostalno praćenje i vođenje trenažnog procesa, ali po pitanju dostupnosti i varijabilnosti vježbi, vježbe zatvorenog kinetičkog lanca su u prednosti jer ih se većina može provoditi sa vlastitom masom na gotovo bilo kojem mjestu. Odabir pojedinaca rekreativne populacije kojem tipu treninga će se posvetiti, ne isključujući da je moguće ukomponirati oba koncepta u program treninga, ovisi o osobnim željama, ciljevima, mogućnostima te uvjetima za provođenje rekreativnog vježbanja.

Prednost vježbi otvorenog kinetičkog lanca jest mogućnost izolacije mišićnih skupina putem jednozglobnih pokreta dok su proksimalni dijelovima tijela stabilni i nepomični. Vježbe zatvorenog kinetičkog lanca također mogu izolirati zadanu mišićnu skupinu, no proksimalni dijelovi tijela nisu nepomični već služe kao dinamični stabilizatori prilikom izvedbe vježbe. Primjer može biti izolacija dvoglavog mišića nadlaktice (*m. biceps brachii*) u konceptu oba lanca (Slika 8.). U vježbi otvorenog kinetičkog lanca (Slika 8, lijevo), osoba se nalazi u sjedećem položaju gdje se cijelo tijelo nalazi u nepomičnoj poziciji i pokret se sa lakoćom izvodi izolirajući

ciljanu mišićnu skupinu (eng. *seated biceps curls with dumbbells*). Nadalje, u istoj vježbi za izolaciju dvoglavog mišića ruku u vježbi zatvorenog kinetičkog lanca (Slika 8, desno), uporišna točka jesu stopala na tlu, te zglobovi šake koji se pridržavaju na niskom vratilu koje je nepomično. Prilikom izvedbe navedene vježbe u zatvorenom lancu (eng. *bodyweight biceps curls on low bar*), uključen je veći broj stabilizatora i mišića u cijelome tijelu koji su sinergistički aktivni prilikom izvedbe pokreta poput mišića trupa, mišića stabilizatora ruku i ramenog zgloba (mišići rotatorne manžete) te mišića nogu koji zadržavaju stabilnu poziciju kako bi se pokret efektivno. Potrebno je daljnje istraživanje kako bi se utvrdila točnija mišićna aktivnost u oba koncepta kako bi se doveo precizniji zaključak po pitanju mišićne aktivnosti sinergističkih i antagonističkih mišićnih skupina.



**Slika 8.** Primjena izolacijskih vježbi u konceptu otvorenog (lijevo) i zatvorenog kinetičkog lanca (desno)

Vježbe zatvorenog kinetičkog lanca imaju veću povezanost sa uspjehom u izvedbi skoka u dalj u usporedbi sa vježbama otvorenog kinetičkog lanca (Blackburn i Morrissey, 1998.). U obzir treba uzeti da su vježbe otvorenog kinetičkog lanca koje su se izvodile bile izolacijskog karaktera poput nožne ekstenzije, dok je vježba zatvorenog kinetičkog karaktera je bila kompleksna vježba

stražnji čučanj. Važno je napomenuti da u navedenom istraživanju pokreta skoka u dalju oba koncepta, pogotovo u svojoj početnoj fazi pokreta, odabrana vježba zatvorenog kinetičkog lanca ima puno sličniji obrazac kretanja tijekom izvedbe čučnja nego nožne ekstenzija u otvorenome lancu, koja je vježba izolacijskog karaktera i nije toliko slična u obrascu pokreta skoka u dalj. Istraživanja ovakvog karaktera koja konkretno uspoređuju konačnu izvedbu i rezultat u određenom pokretu trenutno nema puno te bi ubuduće trebalo mjerodavnije i konkretnije birati vježbe za usporedbu oba koncepta za ciljanu izvedbu.

U zanimljivom istraživanju Amasay-a i sur. (2016.), ispitivao se odnos ukupno postignutog broja ponavljanja u vježbi sklek na rukama te modificirani sklek na rukama kod žena i muškaraca. U istraživanju je sudjelovalo 32 ispitanika, od kojih su 16 bile žene te 16 muškaraca. Žene su provodile modificiranu verziju skleka (nosivost oko 55% ukupne TM) dok su muškarci provodili sklek u standardnom obrascu (nosivost oko 70% ukupne TM). Cilj istraživanja je bio usporediti međuspolni odnos broja ponavljanja. Također, utvrđivao se maksimalni broj ponavljanja svoje mase koja je u sklekovima, te 1RM test na vježbi potisak s klupe, tzv. „bench press“. Rezultati su pokazali da nema značajne razlike ( $p=0,25$ ) u postignutom broju ponavljanja u vježbi sklekova između muškaraca i žena, no postoji značajna razlika u izvedbi potiska s klupe ( $p>0.01$ ). U prosjeku, muškarci su izveli 17,5 ponavljanja više od žena. Rezultati sugeriraju da vježbe potisak s klupe i sklekovi značajno odstupaju u testiranju kod žena, ali ne i muškaraca. Razlog može biti zbog razlike u spolu te u samom odnosu u jakosti gornjeg djela tijela, također jedan od razloga može biti ko-aktivacija sinergističkih skupina mišića i mišića stabilizatora koji su aktivni kroz vježbu sklek te njihov doprinos koji može biti veći kod žena naspram muškaraca.

Istraživanja ovakvog tipa su rijetkost te postoji velik prostor u znanosti za usporedbu izvedbe vježbi otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca koji imaju velike biomehaničke sličnosti. Neke od tematika za istraživanja bi mogle biti usmjerene na međusobni odnos jakosti i izdržljivosti u vježbama otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca (korelacija) te njihov međusobni transfer s jednog kinetičkog lanca na drugi ako postoji, te u kojoj mjeri. Imajući podatke radova ovakvoga tipa, konkretniji zaključci bi se mogli donositi po pitanju programiranja i planiranja treninga opće rekreativne, te čak profesionalne sportske populacije.

## 6. Vježbe otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca u kineziterapiji

Koncepti otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca u kineziterapiji i rehabilitaciji se koriste dugi niz godina. Povijesno gledajući, u kineziterapiji se puno češće koristio koncept vježbi zatvorenog kinetičkog lanca radi manjih posmičnih sila na zglobove te velikog broja sinergističkih te stabilizatorskih skupina mišića koji su aktivni u pokretima i vježbama. Vjerovalo se da je koncept zatvorenog kinetičkog lanca puno sigurniji u kineziterapiji te rehabilitaciji većeg broja bolnih stanja. Danas, na temelju novih znanstvenih spoznaja kroz godine proučavanja i propitivanja prijašnjih teza, dolazi se do zaključka da se oba koncepta primjenjiva u kineziterapiji uz uvjet poznavanja procesa rehabilitacije i kineziterapije te znanja primjene oba koncepta ovisno o individualnoj situaciji pojedinca.

Vježbe otvorenog kinetičkog lanca imaju mogućnost izolacije te izvođenja jednozglobnih pokreta te mogu biti vrlo efektivne u povećanju jakosti ciljano odabrane mišićne skupine. Vježbe zatvorenog kinetičkog većinom uključuju više zglobne pokrete te rezultiraju uključivanjem većeg broja mišićnih skupina te ko-kontrakcija sinergističkih i stabilizatorskih mišićnih skupina (Karandikar i Vargas, 2011). Ova osnovna biomehanička razlika čini vježbe zatvorenog kinetičkog lanca korisnima kada je uklonjena izolirana slabost te bol u određenoj regiji tijela (Lephart i Henry, 1995). Ostale prednosti postignute vježbama zatvorenog kinetičkog lanca uključuju postizanje stabilnosti u proksimalnim dijelovima tijela poput regija oko ramena, trupa te kukova pružajući stabilnu bazu za distalne dijelove tijela (Dillman i sur., 1994). Također, vježbama zatvorenog kinetičkog lanca postižu se značajna poboljšanja u proprioceptiji, živčanomišićnoj kontroli te posljedično u funkcionalnoj stabilnosti zglobova. Primjerice, u vježbi otvorenog kinetičkog lanca kada se izvodi nožna ekstenzija, četveroglavi mišić natkoljenice (*m. quadriceps femoris*) obavlja gotovo cijeli rad vezan za obrazac, gdje su mišići sa donje strane natkoljenice manje aktivni za kontrolu pokreta. Sa druge strane, izvodeći vježbu čučanj kao vježba zatvorenog kinetičkog lanca gdje je centar težišta tijela direktno iznad koljena, u rad su uključene mišići obje strane natkoljenice kako bi se kontrolirao pokret kroz fleksiju koljena. Takav pokret rezultira aktivacijom agonističkih i antagonističkih mišićnih skupina prilikom izvedbe pokreta (Karandikar i Vargas, 2011).

Ravnoteža, propriocepcija te kinestezija predstavljaju motoričku vještinu i sustave u tijelu koji daju povratne informacije o položaju tijela u prostoru te njegovo održavanje u stabilnom i sigurnom položaju. Za održavanje ravnoteže, koja spada pod jednu od bitnijih faktora u prevenciji od ozljeda u svakodnevnim aktivnosti, tijelo dobiva informacije iz kompleksnih interakcija pomoću vizualnog, vestibularnog, kinestetičkog, živčano-mišićnog te skeletnog sustava (Horak, 2006). Ravnoteža, koja se najčešće definira kao sposobnost tijela za održavanjem centra mase tijela unutar potporne površine se dijeli na statičku ravnotežu, gdje se kao što samo ime govori tijelo nalazi u stacionarnom položaju, te dinamičku ravnotežu gdje tijelo ima sposobnost održavanja ekvilibrija tijekom tranzicija iz dinamičkog u statičko stanje ili iz jednog statičkog položaja u drugi. Dosadašnja istraživanja uspoređujući koncepte otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca ukazuju da vježbe ravnoteže u obrascu zatvorenog kinetičkog lanca daju značajno bolje rezultate usporedivši sa vježbama ravnoteže u otvorenog kinetičkog lancu. Istraživanja od Fu-Jie Kang i sur. iz 2019-te godine potvrđuju navedeno gdje su istraživanja provodila na ženama i muškarcima koji spadaju pod rekreativnu, opću populaciju. Rezultati se temelje na zaključcima da vježbe zatvorenog kinetičkog lanca uključuju veću koordinaciju te veći broj ko-kontrakcija antigravitacijskih mišića. Takoreći, prednosti koje pružaju vježbe zatvorenog kinetičkog lanca nastaju iz kombinacija više mišićnih skupina koje zajednički jačaju kroz pokrete te mišićnih skupina koje vrše zajedničke ko-kontrakcije koje potpomažu održavanju ravnotežnog položaja.

„Snažan trup može ne samo značajno minimizirati opterećenje na kraljeznički sustav, no također poboljšava jakost i izdržljivost perifernih zglobova. Povezanost između stabilnosti trupa i performansi ekstremiteta proučavano je najviše na sportašima, no većina ih je usmjerena na donje ekstremitete. Iako trenutno još uvijek fali jasnih podataka i dokaza koji potkrjepljuju tvrdnju da stabilnost trupa ima pozitivnu korelaciju na prevenciju ozljeda, velik broj sportaša u sportovima poput nogometa, plivanja ili košarke svejedno uvrštava trening stabilnosti i jakosti trupa u svoj program treninga“ (Yorukoaylu i sur., 2019.). Yorukoaylu i sur. su u istom istraživanju iz 2019. godine proveli rad na sveukupno 172 ispitanika, od kojih je 114 ispitanika iz kontrolne grupe, a 58 ispitanika su osobe koje su prošle zahvat radi ozljede mišića rotatorne manžete. Utvrđena je statistički značajna razlika u izdržljivosti mišića stražnjeg kinetičkog lanca u kontrolnoj skupini koja nije nikad imala ozljede u ramenoj regiji tijela. Istraživanje je uključivalo i mnoge druge zdravstvene i wellness parametre gdje je uočena pozitivna korelacija između izdržljivosti prednjeg

kinetičkog lanca i općeg zdravlja tijela (eng. *general health perceptions*), mentalnog zdravlja i količine energije tj. vitalnosti pojedinca. Moglo bi se zaključiti da uključivanjem vježbi zatvorenog kinetičkog lanca koje se odnose na izdržljivost i jakost trupa, općoj populaciji možemo značajnu poboljšati opću kvalitetu života, otpornost tijela te vježbe trupa mogu biti učinkovite u programu rehabilitacije nakon ozljede rotatorne manžete ili u svrši njene prevencije. U rehabilitaciji ozljeda ramena u sportovima gdje su često prisutne fleksije ramena tj. pokreti gornjih ekstremiteta iznad glave poput košarke i odbojke, često se koriste vježbe stabilnosti i jakosti trupa u kasnijoj fazi rehabilitacije.

„Sveobuhvatni rehabilitacijski program trebao bi integrirati spoj vježbi zatvorenog i otvorenog kinetičkog lanca određenom svojim specifičnim kliničkim stanjem“ (Karandikar i Vargas, 2011). Općenito govoreći vježbe zatvorenog kinetičkog lanca svojim specifičnim tipom omogućavaju veću stabilnost i posljedično manji stres na zglobove pod opterećenjem. Ipak, vježbe otvorenog kinetičkog lanca mogu biti prigodnije kada postoji disfunkcija povezana sa ozljedom, i kada predviđeni obrazac pokreta u zatvorenom kinetičkom lancu nije moguć zbog boli, otekline, slabosti ili narušene pokretljivosti. Osim toga, vježbe otvorenog kinetičkog lanca mogu biti jedina opcija ukoliko pacijent nije u stanju podnositi teret na jednom od svojih ekstremiteta. Radi svojih mogućnosti izolacije pokreta na pojedine mišićne skupine, ozljedom zahvaćeni segment tijela je u stanju ostati izoliran od pokreta i potencijalnih smetnji kroz izvedbu.

U svakom slučaju, potreban je daljnji rad i istraživanje kako bi se koncepti poput otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca mogu primijeniti u rehabilitaciji mišićno-skeletnih ozljeda u svrhu poboljšanja sigurnosti i konačnih funkcionalnih ishoda rehabilitacijskog procesa.



## 6.1. Rehabilitacija ACL-a

Rehabilitaciju prednje križne sveze (eng. *anterior cruciate ligament*, ACL) dugi niz godina opisivala su uvjerenja da su vježbe zatvorenog kinetičkog lanca prikladnije u rehabilitaciji ACL-a, no novija istraživanja pokazuju da nema značajne razlike u napetosti ACL-a tijekom izvođenja vježbi zatvorenog i otvorenog kinetičkog lanca. Međutim, iznimka mogu biti pojedine vježbe. Primjer toga nailazimo u vježbi otvorenog kinetičkog lanca tj. sjedeća ekstenzija noge na spravi, gdje postoji veća translacija tibije u usporedbi s vježbom zatvorenog kinetičkog lanca kao što je stražnji čučanj (Hamill i Knutzen, 2009). Unatoč svim današnjim spoznajama, većina kliničkog osoblja kod rehabilitacije ozljede prednjeg križnog ligamenta ipak teško prihvaća nove spoznaje te se drže starog, konzervativnog pristupa rehabilitaciji i kineziterapiji ozljede prednje križne sveze.

Vježbe zatvorenog kinetičkog lanca zahvaćaju većinu mišićnih skupina donjih ekstremiteta, te pacijenti imaju mogućnost kompenzacije oslabjelog m. quadricepsa s ostalim mišićnim skupinama poput ekstenzora kuka koji su primjerice aktivni u raznim vježbama poput podizanja kukova iz ležeće pozicije (eng. *glute bridge*). Međutim, vježbe zatvorenog kinetičkog lanca dugoročno slabo pomažu u borbi sa oslabljenim m. quadricepsom na zahvaćenoj nozi, što može potrajati i do dvije godine nakon operativnog zahvata (Lepley, 2015). Dodajući vježbe otvorenog kinetičkog lanca mogu se ostvariti povećanja u jakosti kvadricepsa te posljedično veći postotak sportaša se mogu povratiti sportu, umjesto obavljajući rehabilitaciju samo sa vježbama zatvorenog kinetičkog lanca. Ukoliko se vježbama otvorenog kinetičkog lanca, zahvaćena noga pravilno opteretiti, rehabilitacija će imati pozitivan utjecaj na pacijenta (Noehren i Synder-Mackler, 2020). U vidu izolacijske jakosti, vježbe otvorenog kinetičkog lanca su vrlo praktične i precizne kada je u pitanju progresivno povećanje ili smanjenje opterećenja. Kod praćenja napretka, elektromehanički dinamometar ili test 1RM-a na vježbi sjedeće ekstenzije noge može biti korisna tijekom rehabilitacijskog procesa kako bi se dovela kvalitetnija odluka po pitanju povratka sportaša na teren ili povratka osobe u svakodnevni život ukoliko se radi o općoj populaciji.

„Početkom rehabilitacijskog ciklusa preporučaju se lagana opterećenja sa brojem ponavljanja do otkaza. Napretkom pacijenta, opterećenje se treba povećavati do minimalno 60% do 70% od 1RM-a. Poznavanje kineziterapeuta o odgovoru na zacjeljivanje i mjestu gdje je transplantat pod najvećim opterećenjem, vodit će odgovarajući napredak rehabilitacije. Ako pacijenti u radu umaraju svoje mišiće blizu zatajenja, odmor između serija i dana rada je kritičan, jer je to vrijeme kada se mišići obnavljaju i obavljaju proces hipertrofije“ (Noehren i Synder-Mackler, 2020).

U rehabilitaciji ACL-a, povratak jakosti m. quadricepsa je ključan te ga treba periodično mjeriti i pratiti. U procesu rehabilitacije bi trebalo uključiti oba koncepta i vježba zatvorenog i otvorenog kinetičkog lanca kako bi proces rehabilitacije bio sveobuhvatan i efektivno obavljen. Vježbe otvorenog kinetičkog lanca su dokazano sigurne u post-operativnog procesu rehabilitacije nakon ozljede ACL-a te se jedino njima mišić m. quadriceps može efektivno izolirati i jačati.

## **6.2. Rehabilitacija patelofemuralnog sindroma**

Sindrom patelofemoralne boli (PFPS) definira se kao jedan od najčešćih poremećaja zglobova koji se opaža u fizioterapijskim klinikama. Iako etiologija PFPS-a nije točno shvaćena, ponavljajuće opterećenje patelofemoralnog zgloba uzrokuje oštećenje retropatelarne hrskavice i subhondralne kosti (Akseki i sur., 2008).

Među prvim kontrolnim istraživanjima utvrdilo se bolja obnova funkcije, čineći vježbe zatvorenog kinetičkog lanca standardom za kineziterapeutski program 1990-ih godina (Stiene i sur., 1996). U daljnjim istraživanjima se međutim dokazalo da patelofemuralni stres može biti podjednako visok u oba koncepta otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca. Kompresivne sile su se pokazale podjednako velike u krajnjoj fleksiji u vježbama zatvorenog kinetičkog lanca te krajnjoj ekstenziji u vježbama otvorenog kinetičkog lanca (Escamilla i sur., 1998). Bez obzira na sva teoretska saznanja i prednosti, nekoliko kvalitetno randomiziranih istraživanja nisu uspjela dokazati značajnu razliku u krajnjem rezultatu obavljajući rehabilitaciju samo sa vježbama otvorenog ili zatvorenog kinetičkog lanca (Herrington i Al-Sherhi, 2007). Trenutno većina

preporučenih protokola uključuje kombinaciju oba koncepta otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca kod tretiranja patelofemularnog sindroma. Trening s otporom najčešće počinje u akutnoj fazi sa izometričkim vježbama u otvorenog kinetičkog lanca u 30°-45° fleksije koljena. U sub-akutnoj fazi, u rehabilitacijski program bi trebalo uključiti vježbe otvorenog lanca sa kratkim, ograničavajućim opsegom pokreta. U akutnoj fazi naglasak trebao biti na vježbe zatvorenog kinetičkog lanca u sigurnim obrascima kretanja, neki radovi pokazuju pojavu boli i nelagode uključivanjem vježbi otvorenog kinetičkog lanca što se objašnjava potencijalno prekomjernim bočnim gibanjem patele što uzrokuje ponovnu pojavu boli u akutnoj fazi (Irish i sur., 2010).

Zaključno, patelofemuralni sindrom je složen poremećaj gdje bi se pacijenta trebalo tretirati iz individualnog gledišta, imajući na umu osnovni protokol i principe za tretiranje boli. Oba koncepta otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca dokazano pomažu u tretiranju patelofemuralnog sindroma što bi značilo da tretman rehabilitacije ovisi o znanju i primjeni znanja stručnog osoblja na pacijenta u zadanom trenutku.

## 7. Zaključak

Vježbe otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca imaju široku primjenu u rekreativnom vježbanju i kineziterapiji. Poznavanjem njihovih biomehaničkih i živčanomišićnih karakteristika treneri i voditelji rehabilitacijskog procesa mogu kvalitetnije i pomnije djelovati u planiranju i programiranju treninga kod pojedinca ili grupe rekreativnih sportaša.

Vježbe zatvorenog kinetičkog lanca opisuje njihova dostupnost i jednostavnost jer ne općenito zahtijevaju posebnu opremu i uvjete rada, dok im je mana složenost po pitanju progresivnosti nakon određene faze trenažnog razvoja. Bitna karakteristika prilikom izvođenja vježbi zatvorenog kinetičkog lanca je velik broj ko-kontraktija sinergističkih i ponekad antagonističkih mišićnih skupina što je korisno po pitanju lakšeg postizanja globalnog zamora mišićnog sustava te aktivnosti većeg broja mišićnih skupina prilikom izvođenja pojedinog treninga. Bitan princip u vidu progresivnosti kod vježbi u zatvorenom kinetičkog lancu jest princip smanjenja poluge. Postiže se načinom da tijelo promjenom svoje pozicije te ujedno dužine mišića, mehanički prilagođava kako bi se određeni pokret otežao te ciljano postignulo asimetrično opterećenje jedne, zatim druge strane tijela što izaziva veće živčanomišićne adaptacije. Također, vježbe se mogu otežati dodavanjem vanjskog opterećenja na pokrete.

Vježbe otvorenog kinetičkog lanca opisuje njihova sigurnost izvedbe nakon usvojenog obrasca pokreta te kvalitetna mogućost praćenja intenziteta. Najčešće se izvode sa slobodnim utezima ili na trenažerima gdje je proksimalni dio tijela stabilan te omogućuje sigurno upravljanje opterećenjem koje se nalazi na distalnim dijelovima ekstremiteta. Progresivnost kod vježbi ovoga tipa je vrlo pouzdana i precizna jer je uvijek mjerljiva kvantitativnom ljestvicom opterećenja. Iz navedenih razloga, napredak u jakosti u rekreativnoj populaciji je lako ostvariv putem vježbi ovoga tipa.

Zaključno, na temelju dosadašnjih istraživanja ne može se izvesti konkretan zaključak koji bi koncept bio bolji za provođenje treninga u rekreaciji i općoj populaciji. Vježbe u oba koncepta imaju svoje prednosti i nedostatke te je na stručnjacima kako će ih ukomponirati u zadani program

treninga. Odabir vježbi u pojedinačnom programu treninga ovisi o pojedincu, njegovim ciljevima te uvjetima rada u kojima se trening provodi. Može se zaključiti da bi idealno bilo koristiti vježbe iz oba koncepta, kako bi razvoj pojedinca i skupine bio sveobuhvatan, imajući na umu osnovne vježbe i držeći se osnovnih principa treninga.

## 8. Literatura

- Akseki, D., Akkaya, G., Erduran i M., Pınar, H. (2008) Proprioception of the knee joint in patellofemoral pain syndrome. [Article in Turkish] *Acta Orthop Traumatol Turc* ;42:316-321
- Amasay, T., Mier, C., Foley, K., i Carswell, T. (2016). Gender Differences in Performance of Equivalently Loaded Push-Up and Bench-Press Exercises. *The Journal of Sport*, 5(1), 46–63. <https://doi.org/10.21038/sprt.2016.0513>
- Anderson, T. i Kearney, J.T. (1982). Effects of three resistance 17. training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Res. Q.* 53: 1–7,
- Blackard, D., Jensen, R. i Ebben, W. (1999). Use of EMG analysis in challenging kinetic chain terminology. *Medicine & science in sports & exercise.* (3):443-8. doi: 10.1097/00005768-199903000-00014. PMID: 10188750.
- Blackburn, J. R., i Morrissey, M. C. (1998). Relationship between open and closed kinetic chain strength of the lower limb and jumping performance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 27(6), 430–435. <https://doi.org/10.2519/jospt.1998.27.6.430>
- Dillman, C., Murray, T. i Hintermeister R. (1994). Biomechanical differences of open and closed chain exercises with respect of proprioception, neuromuscular control and subsequently functional stability of the joint. *Journal of Sport Rehabilitation* ;3:228-238
- Dillman, C. (1994). Biomechanical differences of open and closed chain exercises with respect to the shoulder. *Journal of Sports Rehabilitation*, 228-238.
- Escamilla, R., Fleisig, G., Zheng, N., Barrentine, S., Wilk, K. i Andrews, Jr. (1998) Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine & science in sports & exercise*, 30, 556-569.
- Horak, F. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about control of balance to prevent falls *Age Ageing*, 35, 7–11.
- Herrington, L. i Al-Sherhi, A. (2007). A controlled trial of weight-bearing versus non-weight-bearing exercises for patellofemoral pain. *Journal of Orthopedics and Sports Physical Therapy*, 37, 155-160.

- Irish, S., Millward, A., Wride, J. i Haas B. (2010). The effect of closed- kinetic chain exercises and open-kinetic chain exercise on the muscle activity of vastus medialis oblique and vastus lateralis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 24, 1256-1262.
- Hamill, J. i Knutzen, K. (2009). *Biomechanical basis od Human Movement*, Lippincott Williams & Wilkins. Basic terminology, Kinematics versus Kinetics (str. 7.-9.)
- Herrington, L. i Al-Sherhi A. (2007). A controlled trial of weight-bearing versus non-weight-bearing exercises for patellofemoral pain. *Journal of Orthopedics, Sport & Physical Therapy*, 37(1), 155-160.
- Fu-Jie Kang, M., Hsiang-Ling O., Kun-Ying Lin i Jiu-Jenq Lin. (2019). Serratus anterior and upper trapezius electromyographic analysis of the push-up plus exercise: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Athletic Training*, 54(11), 1156–1164. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-237-18>
- Karandikar, N., i Vargas, O. (2011). Kinetic Chains: A Review of the Concept and Its Clinical Applications. *Physical Medicine and Rehabilitation*, 3(8), 739–745. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.02.021>
- Kraemer, W., i Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 674–688. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61>
- Kraemer, J., i Ratamess, N. (2000). Physiology of resistance training: current issues. *Orthopedics and clinical Physical Therapy. North American: Exercise Technology*. 9:4. Philadelphia: W. B. Saunders, 467– 513.
- Kwon, Y. J., Park, S. J., Jefferson, J., i Kim, K. (2013). The effect of open and closed kinetic chain exercises on dynamic balance ability of normal healthy adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(6), 671–674. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.671>
- Lahart, I., Darcy, P., Gidlow, C., i Calogiuri, G. (2019). The effects of green exercise on physical and mental wellbeing: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8), 47-56. <https://doi.org/10.3390/ijerph16081352>

- Lefever, S. (2005). Closed kinetic chain training In: Hall CM, Brody LT, eds. *Therapeutic Exercise: Moving Towards Function*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2005, 283.
- Lephart, S. i Henry T. (1995). Functional rehabilitation for the upper and lower extremity. *Orthopedic Clinics of North America*, 26, 579-592.
- Lepley, L. (2015). Deficits in quadriceps strength and patient-oriented outcomes at return to activity after ACL reconstruction: a review of the current literature. *Sports Health*, 7, 231-238. <https://doi.org/10.1177/1941738115578112>
- Mikulic, M. (01.04.2021). Global pharmaceutical market size 2001-2019 | Statista. In *Statista*. <https://www.statista.com/statistics/263102/pharmaceutical-market-worldwide-revenue-since-2001/>
- Milanović, D. (2013). Teorija treninga. Principi sportskog treninga (str. 199-225). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- Noehren, B. i Snyder-Mackler, L. (2020). Who's afraid of the big bad wolf? Open-chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 50(9), 473–475. <https://doi.org/10.2519/jospt.2020.0609>
- Rachman, T. (2018). Biomechanics of Human Movement. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Fleck, S. J. (2003). Cardiovascular responses to strength training. In: *Strength and Power in Sport*, 2nd Ed. P. V. Komi (Ed.). Malden, MA: Blackwell Science, pp. 387– 406.
- Shanahan, D.F., Shanahan, L., Lin, B.B., Gaston, K.J. i Fuller, R.A. (2016). The Benefits of Natural Environments for Physical Activity. *Sports Medicine*. 46, 989–995.
- Souza, R., Draper, C., Fredericson, M., Powers, C. (2010). Femur rotation and patellofemoral joint kinematics: A weight-bearing magnetic resonance imaging analysis. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*, 40, 277-285.
- Steidler, A. (1977.) Kinesiology of the human body. Open and closed kinetic chain (str. 2-11) Publisher: Charles C. Thomas, Springfield: Illinois
- Low, S. (2011). Overcoming Gravity: A systematic approach to gymnastics and bodyweight strength. Laying the foundation (str. 3-4.). Battle ground creative.



- Stiene, H., Brosky, T., Reinking, M., Nyland, J. i Mason, M. (1996). A comparison of closed kinetic chain and isokinetic joint isolation exercise in patients with patellofemoral dysfunction. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 136-140,
- Ellenbecker, T. S. i Davies, G. J. (2001). Closed Kinetic Chain Exercise: A comprehensive guide to multiple-joint exercise. Essential Concept and Terms (str. 1-2) Human kinetics.
- Wilk, K.E., Escamilla, R.F., Fleisig, G.F., i Andrews, J.R. (1995). The biomechanical and electromyographical analysis of open and closed kinetic chain exercise for the lower extremity. *Athletic Training: Sports Health Care Perspective* 1(4), 336-346.
- Yorukoaylu, A. C., Azavkln, R., Bükler, N. i Alsayani, K. Y. A. (2019). Is there a relation between rotator cuff injury and core stability. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 32(3), 445–452. <https://doi.org/10.3233/BMR-170962>