KINEZITERAPIJA NAKON OPERACIJE KOLJENA (ACLa) KOD KITEBOARDERA

Došen, Stefan

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:567092

Rights / Prava: Attribution 4.0 International/Imenovanje 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET
STUDIJSKI CENTAR ZA IZOBRAZBU TRENERA
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ KPS,
AK.GOD. 2018/2019

STEFAN DOŠEN

KINEZITERAPIJA NAKON OPERACIJE KOLJENA (ACL-a) KOD KITEBOARDERA

(SPECIJALISTIČKI RAD)

Mentor:
doc. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

Zagreb, lipanj 2019.

Sažetak

KINEZITERAPIJA NAKON OPERACIJE KOLJENA (ACL-a) KOD KITEBOARDERA

Sportovi su čest uzrok ozljeda i dosežu 30% ukupnog rizika ozljeda u mnogim zemljama. Smatra se da oko 60% sportskih ozljeda uključuje zglobove donjih ekstremiteta. Jedna od čestih ozljeda donjih ekstremiteta je ozljeda prednje ukrižene sveze (engl. *anterior cruciate ligemant* – ACL). Kiteboarding je novi rastući sport koji se sastoji od kombinacije letenja, surfanja i snowboardinga. Pripada skupini ekstremnih sportova u kojemu su česte ozljede. S obzirom da je kiteboarding relativno novi sport, nedovoljno istražen, cilj ovog rada bio je pobliže objasniti specifičnosti samog sporta te prikazati specifične vježbe u funkcionalnom dijelu rehabilitacije nakon ozljede ACL-a koje se mogu primjenjivati do potpunog ozdravljenja i povratka sportu.

Ključne riječi: kiteboarding, ozljeda koljena, ACL, funkcionalna rehabilitacija, specifične vježbe

KINESITHERAPY AFTER AN ACL OPERATION OF A KITEBOARDER

Abstract

Sports are a common cause of injury and consist of about 30% of total injury risk in many countries. It is considered that about 60% of these injuries involve the joints of the lower extremities. One of the frequent lower extremity injuries is the anterior cruciate ligament (ACL) injury. Kiteboarding is a new growing sport that consists of a combination of flying, surfing and snowboarding. It belongs to a group of extreme sports with frequent injuries. Since kiteboarding is a relatively new sport and insufficiently researched, the aim of this paper was to explain the specifics of the sport itself and to show particular exercises in the functional part of rehabilitation after anterior cruciate ligament injury that can be applied to complete recovery and return to play.

Keywords: kiteboarding, knee injury, ACL, functional rehabilitation, specific exercises

Zahvala

Zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Tatjani Trošt Bobić koja mi je dala razne prijedloge i savjete prilikom odabira teme za izradu specijalističkog rada, te je uvijek bila na raspolaganju za sva moja dodatna pitanja i upite tokom same izrade rada.

Izdvojio bi prof. dr. sc. Igora Jukića koji me na uvodnom predavanju nakon upisa na studij motivirao svojim zanimljivim i uvjerljivim govorom, a kod kojeg sam i imao čast položiti posljednji ispit.

Posebice se zahvaljujem doc. dr. sc. Luku Milanovića koji je konstantno sudjelovao i bio uz mene kroz predavanja, ispite i praksu, te mi je nesebično pomagao i usmjeravao me u svim segmentima mog studiranja.

Također, zahvaljujem i ostalim profesorima te kolegama koji su mi olakšali studiranje i učinili ga zanimljivijim.

Velika zahvala ide i mojoj obitelji koja je bila uz mene u dobrim i lošijim trenucima mog školovanja. Najveću zahvalu posvećujem babi Miji koja je vjerovala u mene od samog početka i koja mi je bila najveća podrška kroz sve godine studiranja.

Sadržaj

1. Uvod 5

1.1. Biomehanička analiza kiteboardinga 6

2. Problem rada 8

3. Cilj rada 8

4. Anatomija koljena 9

4.1. Ozljede ACL-a i čimbenici rizika 11

5. Rehabilitacija nakon rekonstrukcije ACL-a 16

5.1. Funkcionalna faza rehabilitacije 18

6. Zaključak 31

7. Literatura 32

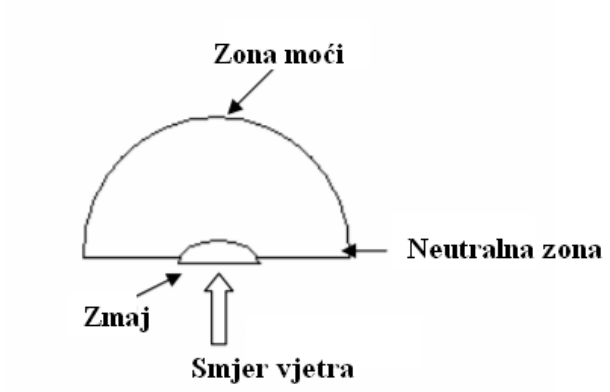
1. Uvod

Kiteboarding (kitesurfing) je kombinacija letenja, surfanja i snowboardinga. Kiteboarding je novi sport, ali njegova popularnost je rastuća i sve više ljudi se žele baviti njime. Koristeći malu dasku i zmaj veličine do 20m^2, surferi mogu izvoditi skokove preko 20 m i postići velike brzine do čak 55 čvorova dok se u zraku izvode različiti manevri (Gosheger i sur., 2001). Iako su zmajevi za kiteboarding bili razvijeni krajem sedamdesetih i ranih 1980.-tih godina, a prvi patentirani zmaj koji se napuhavao pojavio se već 1984. godine, kiteboarding je relativno novi sport. Prva izvedba kitesurfinga izvedena je 1996. godine, a već 2006. godine ukupan broj kiteboardera u svijetu procijenjen je na oko 210 000, s tim da je čak 114 465 zmajeva na napuhavanje prodano iste godine (Scheibe i sur., 2009). Procjenjuje se da broj kiteboardera u svijetu raste svake godine za 30% (Bryja, 2008). Unatoč sve većoj popularnosti i mogućim opasnostima ovog sporta, malo se zna o prevalenciji ili prevenciji povreda (Exadaktylos i sur, 2009).

Sportovi visokog stupnja rizika definirani su kao aktivnosti u kojima postoji mogućnost ozljeda ili fatalnih trauma te su one sastavni dio sudjelovanja (Kupciw i sur., 2012). Postoji nekoliko znanstvenih podataka o biomehaničkim i fiziološkim zahtjevima kitesurfinga te epidemiologiji kitesurfing ozljeda. Tijekom kitesurfinga, značajno je opterećenje na mišićno – koštanom i kardio-respiratornom sustavu. Mišići donjeg dijela leđa i bedara pod velikim su opterećenjem, dok su trbušni mišići, koljena i stopala česta mjesta boli i nelagode. U literaturi se navodi da su ozljede u kitesurfingu uglavnom akutne, izazvane padom ili traumom. Kod rekreativnih kitesurfera ukupna stopa ozljeda na 1000 sati kitesurfinga iznosila je od 5.9 – 7.0, dok je natjecateljski kitesurfing područje u kojem se dramatično povećava broj ozljeda na 16.6 na 1000 sati kiteboardinga (Lundgren i sur, 2011). Većina nezgoda tijekom kitesurfinga prepisana je nemogućnosti odvajanja zmaja od trapeza (pojasa). Novija istraživanja su ukazala da su nekontrolirane akcije, neuspješni trikovi i skokovi s lošijim slijetanjem glavni mehanizmi ozljeda (Ziegler i sur., 2009). Uvođenje 100%-tnog sustava sa popuštanjem snage zmaja (engl. 100% *depowarable*) te sustava brzog oslobađanja od zmaja 2004. godine došlo je do prekretnice u sigurnosti kitesurfinga. Ipak stope ozljeđivanja još uvijek su jako visoke.

1.1. Biomehanička analiza kiteboardinga

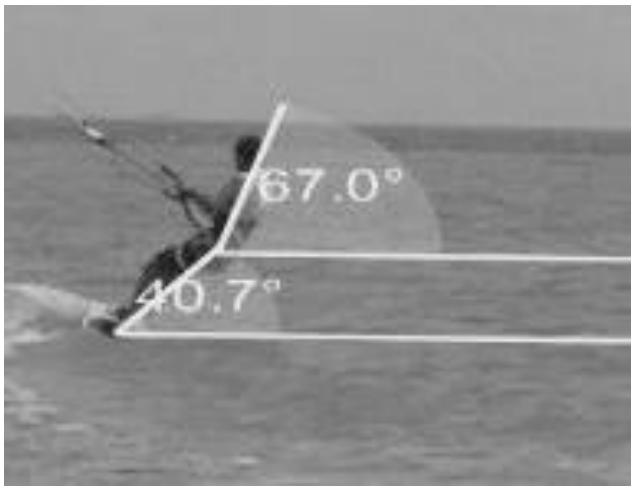
Ovisno o brzini vjetra, koriste se različite veličine zmajeva najčešće između $5m^2$ i $16m^2$, također ovisno o težini sportaša. Veći zmajevi stvaraju više energije nego manji. Snaga zmaja postiže se kada zmaj ide gore i dolje na vjetru kroz područje nazvano "zona moći" (slika 1). Neutralna zona je područje gdje zmaj ima minimalnu moć.



Slika 1. Prikaz djelovanja vjetra na zmaj odozgo (Lundgren i sur., 2007)

Za razliku od drugih sličnih sportova, kao što su snowboarding i skijanje, postoji više sila osim gravitacije koje djeluju na kiteboardere. To je sila iz trapeza koji se nalazi oko struka ili kuka. Ta sila doprinosi povećanoj fleksiji oko kuka i povećanoj ekstenziji koljena, što vjerojatno čini uzorak regrutacije mišića drugačijim od mnogih drugih sličnih sportova. Ovakav scenarij vjerojatno aktivira stražnje mišiće donjih ekstremiteta više nego na primjer snowboarding (Loundgren i sur., 2007).

Lundgren, i Brorsson (2009) istraživali su položaj tijela kitesurfera putem video analiza pomoću Dartfish softvera. Četiri kitesurfera promatrana su u kretnjama podijeljenima u dvije kategorije; kretanje uz vjetar i polijetanje. Srednja brzina vjetra izmjerena tijekom pokusa bila je 13,9 čvorova (10,9-16,1). Sila napetosti zmaja izmjerena je samo kod jednog ispitanika pri prosječnoj brzini vjetra od 15,9 čvorova. Sve osobe koristile su trapeze koji su bili postavljeni s donjim krajem blizu L5-S1 segmenta, s podupiranjem lumbalnog područja leđa. Najčešći položaj tijela promatranih kitesurfera bio je položaj nagnut prema površini vode s kutom između stopala do kukova i površine vode u prosjeku 38,5 ° (SD≤7,5 °) i kutom između kukova i površine vode oko 66˚ (SD≤6,9˚) prema vodoravnoj ravnini dok ide uz vjetar (slika 2).



Slika 2. Pozicija tijela i kutovi tijekom kiteboardinga (Izvor: Lundgren, i Brorsson 2009)

Tijekom pripreme za polijetanje kutovi donjeg dijela tijela su bili oko 20˚ (kut između stopala do kukova i površine vode), te 70˚ u gornjem dijelu tijela (od kukova do horizontalne ravnine). Fleksija kuka (kut između gornjeg i donjeg dijela tijela) smanjena je za sve ispitanike tijekom pripreme za polijetanje. Gornji dio tijela bio je okrenut prema naprijed, pogotovo u smjeru vjetra, dakle koljeno prednje noge je ispruženo dok je koljeno stražnje noge flektirano (slika 3). Rame, posebno stražnje rame, bilo je ispruženo većinu vremena, zbog savijanja prednje ruke za držanje šipke i držanja s najmanje jednom rukom. Sila zmaja prema pojasu iznosila je u prosjeku 5,1 N / kg tijekom 18 minuta kiteboardinga a maksimalna vrijednost iznosila je 13,4 N / kg. Položaj tijela tijekom kiteboardinga mijenja se ovisno o mnogim čimbenicima kao što su brzina vjetra, vožnja uz vjetar i pri pripremi za polijetanje. To utječe na biomehaniku i određuje koliko dobro osoba može rukovati i koristiti snagu iz zmaja za izvođenje trikova ili kretanje određenom brzinom. Također, autori su naveli da je potrebno unaprijediti i izraditi studije za detaljniji opis biomehanike, kako bi se izdvojio optimalni položaj za izvedbu uz smanjenje rizika nastanka ozljeda (Lundgren, i Brorsson, 2009).

Slika 3. Najčešći položaj tijela kiteboardera (Izvor: arhiva autora)

2. Problem rada

Puknuće prednje ukrižene sveze vrlo je česta ozljeda u kiteboarding-u. Osim općeg dijela kineziterapije kojim se utječe na opseg pokreta, razvoj snage te unutar mišićnu i međumišićnu koordinaciju nakon operacije, ne postoji literatura koja definira specifične vježbe koje se provode u zadnjoj fazi kineziterapije, vježbe koje su specifične za kiteboarding.

3. Cilj rada

Cilj rada je opisati specifične vježbe koje se mogu primijeniti u funkcionalnoj fazi rehabilitacije nakon ozljede prednje ukrižene sveze sportaša koji se pripremaju za povratak specifičnim opterećenjima kiteboardinga.

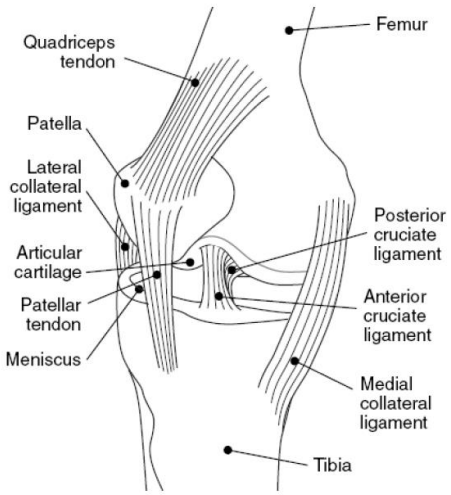
4. Anatomija koljena

Zglob koljena povezan je distalnim dijelom bedrene kosti i proksimalnim dijelom goljenične kosti. Iver je sezamska kost u tetivi *m. quadriceps femoris,* oslonjena na prednju stranu bedrene kosti koja također pripada koljenu (Pećina, 1985, Vukičević i sur., 1982).

Kondili bedrene kosti tvore konveksno zglobno tijelo, dok kondil goljenične kosti tvori konkavno zglobno tijelo. Između njih su menisci, vezivno hrskavične tvorbe, i to medijalni i lateralni.

Koljenski zglob po funkciji je *trohoginglim*, što znači da su u njemu mogući pokreti i oko jedne poprečne ravnine, fleksija i ekstenzija, i u manjoj mjeri oko uzdužne osovine, tj. rotacija (Nikolić i Hudec, 2010).

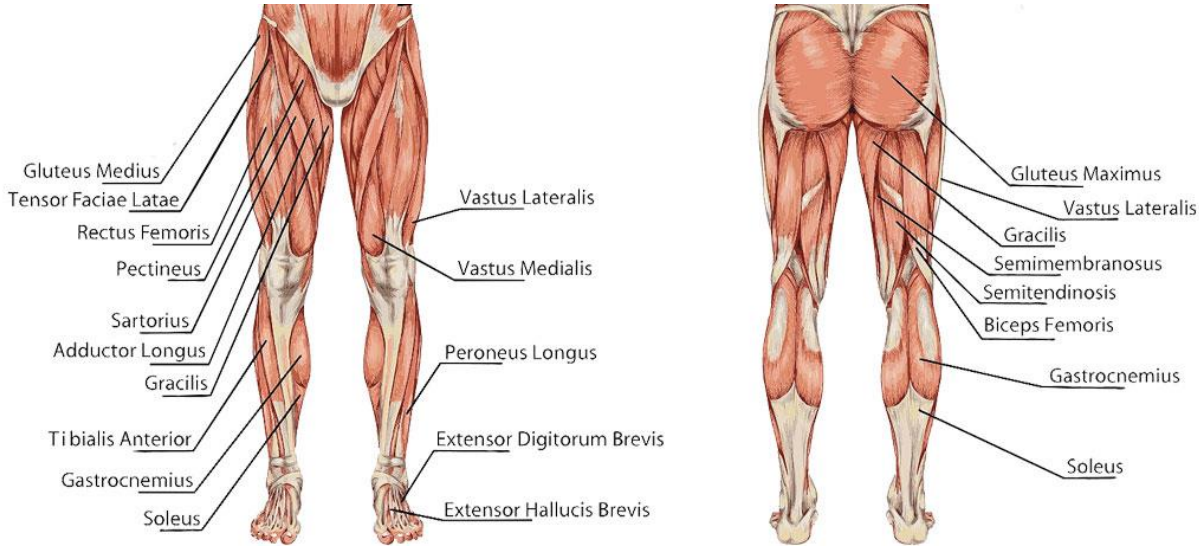
Ligamenti koji se u koljenu nalaze su medijalna kolateralna sveza, lateralna kolateralna sveza, prednja ukrižena sveza i stražnja ukrižena sveza (slika 4). Građeni su od iskrižanih kolagenih vlakana čija zadaća je osiguravanje čvrstoće i stabilizacije kostiju u koljenom zglobu (Rođak, 2015). Medijalna ili tibijalna kolateralna sveza je trokutastog oblika dužine 8 do 10 cm spojena uz medijalni menisk, dok je prednji, najdulji rub okrenut prema naprijed. Zategnuta je pri ekstenziji i unutarnjoj rotaciji, a opuštena pri fleksiji (Nikolić i Hudec, 2010).



Slika 4. Struktura zgloba (Izvor: Macnicol, 2012).

Lateralna ili fibularna kolateralna sveza proteže se od lateralnog epikondila femura sve do gornjeg kraja fibule. Zategnuta je pri ekstenziji i pri vanjskoj rotaciji. Fibularna sveza je jača od tibijalne, pa su rupture i ozljede lateralne kolateralne sveze rjeđe od medijalnih. Pošto je tibijalna kolateralna sveza vezana uz medijalni menisk, pri mehanizmu ozlijede dolazi i do oštećenja meniska ali i prednje ukrižene sveze (Nikolić i Hudec, 2010). Prednja ukrižena sveza polazi sa stražnjeg dijela medijalne strane lateralnog kondila i hvata se na prednju interkondilarnu plohu tibije neposredno iza hvatišta prednjeg roga medijalnog meniska (Nikolić i Hudec, 2010). Iznimno je napeta pri ekstenziji, dok pri fleksiji koljena sprječava translaciju tibije prema naprijed. Stražnja ukrižena sveza polazi sa prednjeg dijela medijalnog kondila femura i hvata se na stražnji dio interkondilarne goljenične kosti. Pri fleksiji koljena sprječava pomak bedene kosti prema naprijed i goljenične kosti prema natrag, kao i hiperfleksiju pri čučnju te je globalno prilično bitan stabilizator koljena.

Mišići povezani s koljenom i oko njega su dinamički stabilizatori koljena zbog svoje sposobnosti istezanja i pokretanja (slika 5). *M. quadriceps femoris* je velika skupina mišića smještena od vrha bedra do prednje strane koljena. Tvore ga *m. rectus femoris, m. vastus lateralis, m. vastus medialis i m. vastus intermedius,* koji su odgovorni za ekstenziju potkoljenice. Za pomicanje natkoljenice prema unutra odgovorni su *m. sartorius* i *m. gracilis,* koji imaju polazište od zdjelice do unutarnje strane koljena.



Slika 5. Mišići donjih ekstremiteta

(Izvor: http://www.osmifw.com/physical-therapy/knee-exercise-conditioning/muscles-of-knee/)

Mišići stražnje strane natkoljenice (*m. biceps femoris, m. semimembranosus i m. semitendinosus)* čine veliku skupinu stražnjih mišića natkoljenice te se protežu od zdjelice do koljena. Njihova funkcija je fleksija koljena i ekstenzija kuka. *M. gastrocnemius*, glavni mišić stražnje strane natkoljenice ima dvije glave, *caput mediale* i *caput laterale* koje polaze s medialnog i lateralnog kondila femura i hvataju se na *tuber calcanei* (*tendo calcaneus*).

Od krucijalne je važnosti snaga mišićnih skupina koje okružuju koljeno za funkcionalan rad, jer što je veća sila i snaga ovih mišića, to je i cijeli mehanizam koljena stabilniji, što posljedično dovodi do manjeg opterećenja na same zglobne strukture (Halpern i Tucker, 2008).

4.1. Ozljede ACL-a i čimbenici rizika

Ozljeda ACL-a tipična je ozljeda zgloba koljena do koje dolazi tijekom sportskih aktivnosti (Arendt i Dick, 1995; Bjordal i sur., 1997; Gray i sur., 1985). Proteklih dvadeset godina razvijene su kirurške tehnike za rekonstrukciju i rehabilitaciju ACL-a, što je omogućilo pacijentima da nastave sa sportskim aktivnostima na istoj razini kao i prije ozljede. Međutim, potrebno im je dugo vremena da se u potpunosti oporave i vrate na svoju prethodnu razinu. Period oporavka uzrokuje teška mentalna, fizička i ekonomska opterećenja za pacijente. Stoga je u proteklih nekoliko godina predložen značaj prevencije ozljeda (Kobayashi i sur., 2010).

Prethodne studije pokazuju da spol i morfološka građa predstavljaju važan rizični faktor za ozljedu ACL-a (Shelbourne i sur., 1998; Souryal i Freeman, 1993). Međutim, nemoguće je promijeniti spol i teško je izmijeniti anatomsku strukturu za prevenciju ozljeda. Štoviše, studije video opservacijskih analiza pokazale su da je većina ozljeda ACL-a uzrokovana nekontaktnim mehanizmom i sugerirala da je dinamički valgus koljena bio jedan od najrizičnijih akcija za ozljedu (Olsen i sur., 2004). Druge biomehaničke studije također su pokazale da valgus položaj koljena predstavlja rizik od ozljede zbog momenta koji se primjenjuje na zglob koljena (Hewett i sur., 2005).

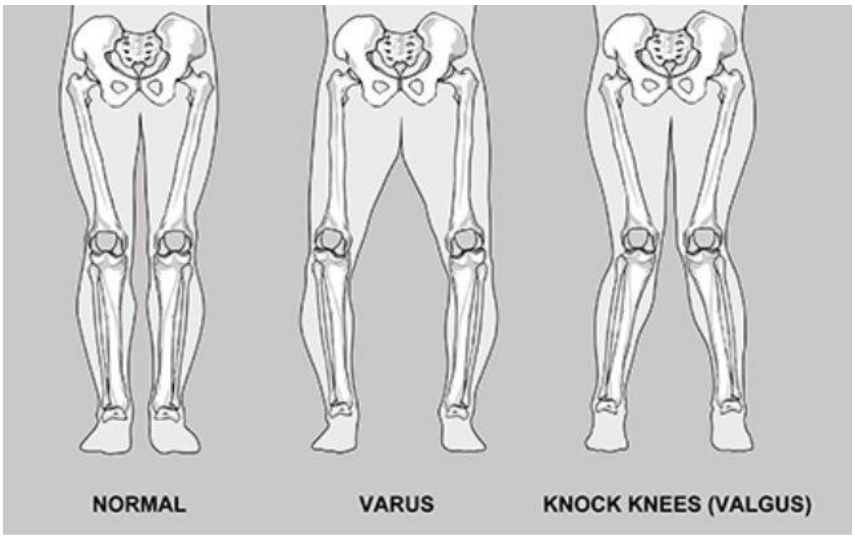
Dokazano je da se ozljeda ACL-a češće javlja tijekom natjecanja nego tijekom treninga. Situacije tijekom natjecanja i treninga razlikuju se u mnogim aspektima. Sportaši obično provode mnogo više vremena trenirajući nego na natjecanju. Uz duži angažman, sportaši obično izazivaju novu formaciju i tehniku tijekom treninga, a ne tijekom natjecanja, što može povećati rizik od ozljeda. Međutim, sportašima se tijekom natjecanja može nametnuti stresnija situacija

nego tijekom treninga. Trenutni rezultat može odražavati povećani fizički i psihički stres tijekom natjecanja. U istraživanju na 1700 sportaša s ozljedom ACL-a koje su proveli Kobayashi i sur. (2010), dokazano je da položaj koljena znatno utječe na opterećenje ACL-a, a samim time i na njegovo ozljeđivanje (tablica 1).

	Ukupno (n=1603)	*Postotak (%)*	*Muškarci (n=781)*	*Postotak (%)*	*Žene (n=822)*	*Postotak (%)*
Valgus koljena	793	49.5	373	47.8	420	51.0
Varus koljena	142	8.9	70	9.0	72	8.8
Hiperekstenzija	97	6.1	59	7.6	38	4.6
Ostalo	23	1.4	15	1.9	2	0.9
Neodređeno	548	34.2	264	33.8	284	34.5

Tablica 1. Dinamičko svrstavanje nastanka ozljede (Kobayashi i sur., 2010)

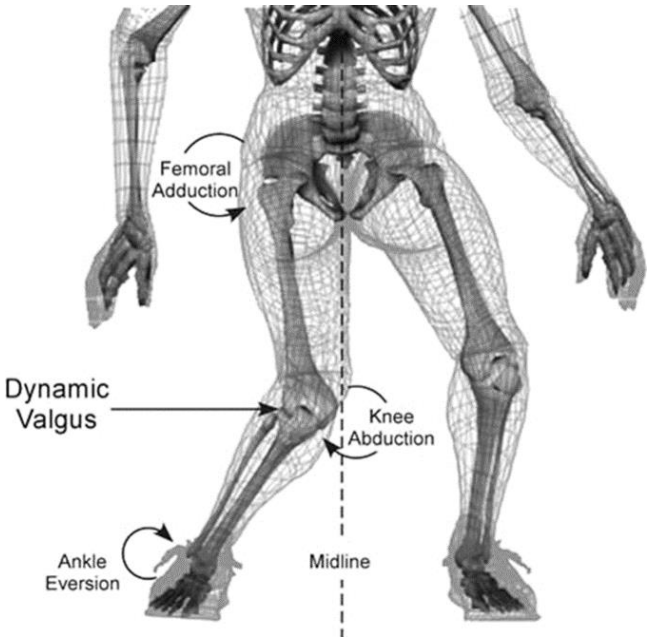
Povećani valgus koljena tijekom doskoka i dodira sa tlom jedan je od glavnih uzročnih čimbenika za ozljede ACL-a (Lobato, 2013). Dinamički valgus koljena, opisan kao kombinacija adukcije kuka, unutarnje rotacije kuka i abdukcije koljena, prepoznaje se kao uobičajen mehanizam koji dovodi do bez kontaktne ACL ozljede (Hewett, 2005, Nessler, 2017, Zazulak, 2007).



Slika 6. Opterećenje koljena kod različitih položaja nogu
(Izvor: https://www.danblewett.com/training-needs-of-female-athletes/)

Budući da su zglobovi koljena i kuka primarni amortizer pri slijetanju, dinamički valgus koljena tijekom slijetanja može biti jedan od bio-mehaničkih čimbenika koji smanjuju sposobnost pojedinca da ublaži utjecaj na koljeno tijekom pristajanja. U tom kontekstu, Hewett, i sur., (2010) daju četiri rizična čimbenika ozljede ACL-a:

1) dinamički valgus koljena ("dominacija ligamenata")(slika 7);
2) amortizacija s fleksijom donjeg koljena ("dominacija *m. quadricepsa*");
3) bilateralne asimetrije ("dominacija nogu") i
4) asimetrije trupa ("dominacija *cora*").



Slika 7. Dinamički valgus koljena. (Izvor: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3096145/figure/F1/)

Hewit i sur. ponudili su ovaj biomehanički model temeljem primjera provedenog na rukometašicama, ali njihov model može poslužiti u objašnjenju dijela biomehanike prizemljenja na vodi nakon faze letanja kod kateboardera.

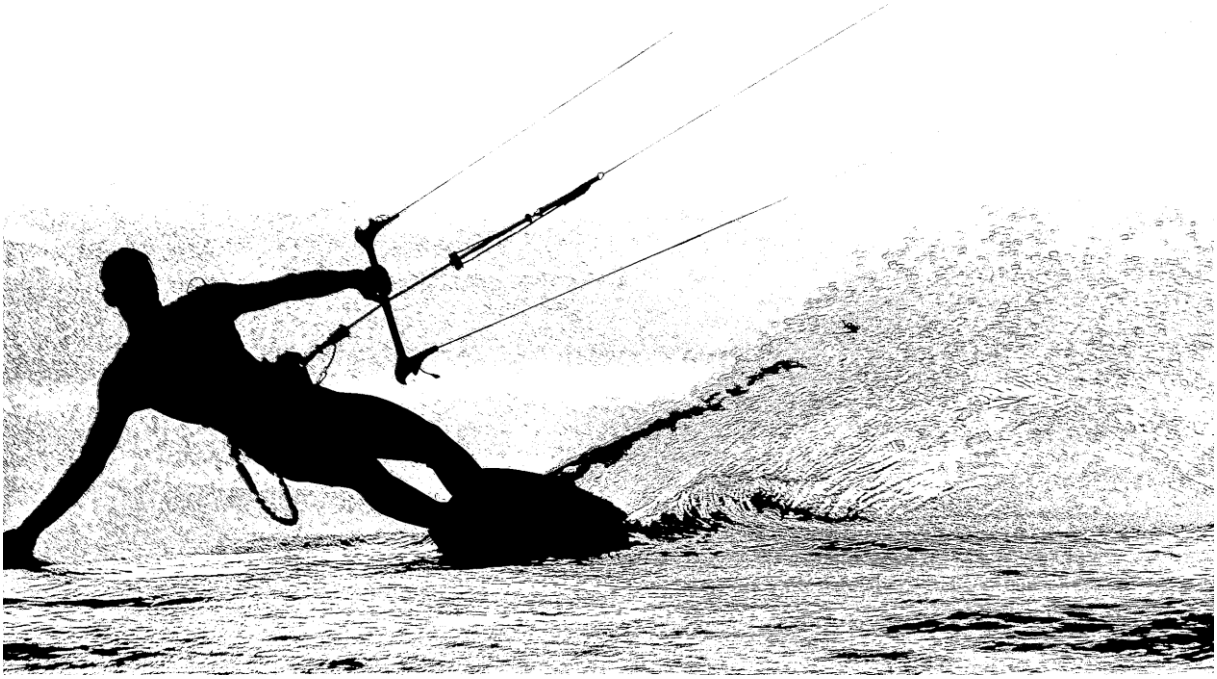
Dominacija ligamenata karakterizirana je korištenjem anatomske strukture (koštane konfiguracije i zglobne hrskavice) i statičkih stabilizatora (ligamenata) za apsorbiranje reakcijskih sila na koje se nailazi tijekom aktivnosti u kiteboardingu, umjesto korištenja mišića donjih ekstremiteta. U tom slučaju, mišići ne upijaju dovoljno sile reakcije podloge, tako da

zglob i ligamenti moraju apsorbirati velike količine sile tijekom kratkog vremenskog razdoblja. Visoke količine sile koje se zadržavaju u kratkom vremenskom razdoblju dovode do viših sila impulsa, što vjerojatno može dovesti za posljedicu rupturu ligamenata (Hewett, 2010). Prema tome, trebalo bi provoditi treninge za ispravnu amortizaciju prilikom doskoka (od visokog položaja tijela do poravnavanja nižeg položaja), kako bi se povećala aktivacija mišića i smanjilo opterećenje na ligamente. Dominantnost *m. quadriceps femoris* se odnosi na tendenciju stabilizacije koljenog zgloba primarno pomoću mišića kvadricepsa. Čini se da žene preferiraju jačanje kvadricepsa više od muškaraca kako bi učvrstile i stabilizirale zglob koljena. Osim toga, žene imaju tendenciju da doskoče nakon skoka s manje savijenim koljenima nego muškarci. Proširena komponenta zglobnog mehanizma pridonosi tome da se ozljede odnose na neuromuskularnu neravnotežu koja se javlja kod žena koje autori nazivaju dominacijom kvadricepsa (Hewett, 2010). U tom smislu, trebalo bi poticati sportaše da preuzmu držanje s većom fleksijom kuka i koljena tijekom sportskih aktivnosti. Osim toga, treba naglasiti ekscentričnu i koncentričnu funkciju mišića gluteusa i zadnje lože, povezujući s vježbama trupa. Na kraju, trebalo bi poticati vježbe koje zahtijevaju ko-aktivaciju mišića potkoljenice, i smanjiti prevladavajuću aktivaciju mišića kvadricepsa.

Dominacija nogu se odnosi na tendenciju da se preferirano koristi jedan ekstremitet, u odnosu na kontralateralni ekstremitet. U zadacima koji zahtijevaju simetrično korištenje donjih ekstremiteta žene su pokazale veću asimetriju između dominantne i nedominantne noge od muškaraca, što pokazuje tendenciju većeg opterećivanja dominantne noge (Hewett, 2010). Kao rezultat, oni koji imaju veću asimetriju u tim aspektima imaju veći rizik od ozljeda. U tom smislu, trebalo bi moći mijenjati uzorak dominacije sportaša u nogama, smanjujući funkcionalne asimetrije tijekom vježbanja i sportskih zadataka. Nadalje, trebali bi procijeniti kretanje sportaša na jednom ekstremitetu i odrediti bilateralni indeks simetrije u funkcionalnim i izokinetičkim testovima (cilj> 90%). Kada se otkrije asimetrija, odstupanja bi se trebala ispraviti specifičnim treningom. Dominantnost u trčanju se definira kao nemogućnost precizne kontrole trupa u trodimenzionalnom prostoru. Sportaši koje ne osjećaju adekvatno položaj svog trupa u trodimenzionalnom prostoru, ili dopuštaju veće kretanje nakon poremećaja ravnoteže ili poremećaja njihovog trupa, imaju veći rizik za buduće ozljede koljena, ligamenata i ACL-a (Hewett, 2010). Treneri bi trebali izmijeniti dominaciju trupa i stimulirati sportsku kontrolu trupa (CORE funkcija) kao i veće korištenje senzornih osjetila, odnosno mehanoreceptora (Baldon, 2012). Drugim riječima, treneri bi trebali "vidjeti daleko izvan koljena" i uvijek razmotriti odnos između ključnih mišića i pokreta donjih ekstremiteta. S obzirom na gore

navedeno, trebalo bi identificirati mišićnu neravnotežu kako bi optimizirali neuromišićne odgovore i ispravili poremećaje u obrascima kretanja. Promjena strategije doskoka u motoričkom učenju može promijeniti opterećenje na zglobovima kuka i koljena što može biti korisno u slučaju doskoka sportaša s povećanim rizikom za ozljedu ACL-a.

Na temelju promatranja radnji koje kiteboarderi izvode i anketnih upitnika, Loundgren i sur. (Loundgren, 2011) dali su specifičan obrazac kretanja u kiteboardingu koji se razlikuju od stila do stila. Percepcija kiteboardera o muskuloskeletnom stresu i boli povezana je s bočnim pomicanjem i križanjem (ponekad blago uz vjetar ili niz vjetar), kada kiteboarderi rade ekstenziju leđa primičući se prema vodenoj površini. U tom trenutku rade malu ekstenziju u kuku i koljenu radi kompenzacije valova i kontrakcije mišića (*m. quadriceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. biceps femoris*), te rotaciju gornjeg dijela tijela (slika 8).



Slika 8. Položaj tijela u kojem kiteboarderi najčešće osjećaju mišićnu bol

(Izvor: https://nomadickitesurf.com/kitesurf/)

5. Rehabilitacija nakon rekonstrukcije ACL-a

Svaka sportska ozljeda koja sprječava izvođenje sportskih aktivnosti zahtjeva rehabilitacijski proces koji počinje neposredno nakon ozljeđivanja i traje dok god se ne povrate izgubljene sposobnosti. Prema Nikoliću i Hudecu (2010), zadaća rehabilitacijskog programa je uspostava snage, fleksibilnosti i izdržljivosti mišićnih skupina prije samog povratka sportskim aktivnostima. Ekstremitet koji nije u potpunosti oporavljen ima veliku mogućnost ponovnog ozljeđivanja. Ciljevi rehabilitacijskog procesa su sljedeći:

1) Smanjiti upalu i bol,
2) Postići puni opseg pokreta, i
3) Postići optimalnu snagu i izdržljivost

Osim navedenoga, u postupku rehabilitacije potreban je razvoj unutarmišićne i međumišićne koordinacije kako bi se osigurala pravodobna aktivacija svih aktivnih stabilizatora koljena te smanjila mogućnost recidiva. Postoperativni program nakon rekonstrukcije ACL-a usmjeren je na zaštitu prednjeg križnog ligamenta i patele, pri čemu se teži što ranijem ispružanju koljenskog zgloba i dobivanju njegove potpune ekstenzije. Postoperativna rehabilitacija traje od 3 do 12 mjeseci, a započinje dan poslije operacije. Prema protokolima propisanima od *Cinciniati Sportsmedicine and Orthopedic Center Rehabilitation for Anterior Cruciate Ligament* postoperativni tijek rehabilitacije dijeli se po tjednima do 12 tjedna, poslije kojih se faze promatraju kroz nekoliko narednih mjeseci (Noyes, 2010).

Prva faza počinje dan nakon operacije i traje dva tjedna. Za vrijeme ove faze pacijent se koristi s dvije štake. Potrebno je kontrolirati bol i otok, promatrati mobilnost patele i raditi vježbe održavanja pokreta i tonusa mišića. Cilj ove faze je dobiti opseg pokreta do 110° uz adekvatnu kontrakciju *m. quadricepsa* te postići 50% otpora pri vježbanju.

Druga faza traje od trećeg do četvrtog tjedna, tijekom koje pacijent koristi jednu štaku. Bol se kontrolira bez primjene analgetika. U ovoj fazi cilj je postići opseg pokreta kroz pasivne radnje do 120°, kontrakciju *m. quadricepsa,* kontrola upalnog odgovora te opterećenje od 100%. Vježbe koje se provode u ovoj fazi su vježbe jačanja, izometrički trening kroz različite stupnjeve opsega pokreta 30°-90°, ispružanje stopala i prstiju. Povećava se ekstenzitet vježbi na 20 minuta po treningu.

Treća faza proteže se od petog do šestog tjedna i u njoj je potrebno postići kontrolu boli te opseg pokreta do 120° uz pravilnu kontrakciju mišića tijekom pokreta. Cilj je postići pasivan opseg pokreta do 135°. Provode se vježbe jačanja, izometrički trening te vježbe s elastičnim trakama. U ovoj fazi preporuča se izvođenje aerobnih vježbi kao što su sobni bicikl, vježbe na balans dasci i vježbe u vodi.

Četvrta faza proteže se od sedmog do osmog tjedna, u kojoj se radi evaluacija snage mišića korištenjem manualnog mišićnog testa. Također se kontrolira edem i mobilnost patele. Provode se vježbe s elastičnim trakama te pokreti ekstenzije u koljenu s otporom od 90°-30°. Cilj ove faze je postići mogućnost hoda u trajanju minimalno 20 minuta bez pojave boli i povećanje izdržljivosti i snage.

Peta faza rehabilitacije proteže se od devetog do dvanaestog tjedna nakon rekonstrukcije. I u ovoj fazi procjenjuje se snaga mišića pomoću manualnog mišićnog testa. Preporuča se trening na balans dasci, kao i vježbe jačanja s elastičnom trakom, te vježbe ekstenzije i fleksije koljena s otporom. Osim aerobnih vježbi iz prošlih faza, u ovoj se primjenjuje i šetanje (frontalno i natraške). Cilj ove faze je stabilnost zgloba, potpuni opseg pokreta bez pojave boli, te povećanje snage i izdržljivosti.

Šesta faza rehabilitacije traje od trinaestog do dvadesetšestog tjedna nakon operacije. U ovoj fazi primjenjuje se izokinetički test snage, procjenjuje se otok i mobilnost patele. Vježbe u ovoj fazi podrazumijevanju vježbe za povećanje opsega pokreta i mišićne snage s elastičnim trakama, vježbe jačanja uz kontrakciju mišića te vježbe ekstenzije s otporom. Od aerobnih vježbi preporuča se osim sobnog bicikla i šetanje kroz vodu, trčanje niskim intenzitetom, uspon uz stepenice i hod natraške te bočno.

5.1. Funkcionalna faza rehabilitacije

Funkcionalna faza rehabilitacije je zadnja faza rehabilitacijskog procesa. Tijekom funkcionalne faze vježbanje dominira nad ostalim metodama fizikalne medicine i rehabilitacije. Važno je osigurati fiziološki bezbolan opseg pokreta, zatim mišićnu jakost i izdržljivost te unutar i međumišićnu koordinaciju. Na kraju funkcionalne faze rehabilitacije potrebno je primijeniti specifične vježbe koje će pripremiti sportaša za povratak specifičnim opterećenjima kiteboardinga te smanjiti mogućnost recidiva. U nastavku ovog rada prezentirati će se mogući izbor vježbi za završni dio funkcionalne rehabilitacije koje imaju za cilj pripremiti ozlijeđenog kateboardera za specifična opterećenja u njegovom sportu.

Prikazane vježbe su varijabilne ovisno o individualnom oporavku pojedinca te samom prethodnom dijelu rehabilitacije i oporavka. U funkcionalnoj fazi rehabilitacije glavnina vježbi sastoj se od vježbi:

→ Snage
→ Propriocepcije, i
→ Koordinacije

Prikazane vježbe poredane su od jednostavnijih ka složenijima. Za vrijeme funkcionalne faze rehabilitacije, u svim prikazanim vježbama korišten je dio opreme kiteboardera, kao što je pojas (trapez) i ručka zmaja s užetom (engl. *bar*), kako bi vježbe bile što specifičnije.

- Čučanj

U početnom položaju stopala su u paralelnom položaju u širini ramena, tijelo je nagnuto nazad, leđa su u ekstenziji, a centar težišta u visini kukova. Ruke su u predručenju i drže ručku zmaja u širini ramena. Glava i pogled usmjereni su lagano prema gore. Iz tog položaja vježbač se spušta u čučanj sve dok potkoljenice i natkoljenice ne tvore kut od 90°. Prilikom spuštanja bitno je da su leđa ravna, te da je put centra težišta uvijek okomit s podlogom. Izvedba vježbe sastoji se od faze spuštanja (ekscentrična faza) i faze podizanja (koncentrična faza). Ekscentrična faza izvodi se polako i kontrolirano, dok se koncentrična faza može izvoditi brže ali također kontrolirano.

Prilikom izvođenja vježbe potrebno je obratiti pozornost na stopala, koljeno i leđa. Ako se stopalo rotira prema van i pronira, to može ukazivati na napetost *m. soleus, m. preoneus, m. gastrocnemius lateralis, i m. biceps femoris,* odnosno na slabost *m. gluteus medius.* Ako se koljeno pomiče i rotira prema unutra to može ukazivati na napetost kompleksa aduktora i iliotibijalne veze, te na slabost stabilizatora *m. gluteus medius*. Ako se donji dio leđa prekomjerno ekstendira ili je prekomjerno u fleksiji i kuk nije stabilan u frontalnoj ravnini, to može ukazivati na napetost *m. iliopsoas* i slabost *m. gluteus maximus,* kao i mehanizama duboke stabilizacije kao što su *m. transversus abdominis* i *m. obliquus internus abdominis*.

U ovoj vježbi primarno su aktivirani *m. quadriceps femoris* te su kontrahirani mišići trupa kao stabilizatori pokreta.

Slika 9. Čučanj (Izvor: arhiva autora)

- Čučanj s elastičnom trakom

Početni položaj je isti kao u prethodnoj vježbi, blaga fleksija u zglobu koljena. Stopala okrenuta prema van a leđa u blagoj ekstenziji. Elastična traka postavljena je u razini iznad koljena i služi da vježbač konstantno gura koljena prema van radeći abdukciju dok izvodi čučanj i dok stoji u početnom položaju.

U ovoj vježbi aktivirani su kvadricepsi i abduktori, kao i mišići trupa kao stabilizatori pokreta.

Slika 10. Čučanj s elastičnom trakom (Izvor: arhiva autora)

- Jednonožni čučanj

Oslonac je na jednoj nozi, rukama se u predručenju drži za ručku zmaja. Iz te pozicije izvodi se čučanj na jednoj nozi, povlačeći drugu nogu iza fleksiranog koljena. Istim putem vraća se u početnu poziciju. Unilateralni čučanj je jedan od najvećih izazova za kuk i cjelokupni sustav donjih ekstremiteta.

Slika 11. Jednonožni čučanj (Izvor: arhiva autora)

- Čučanj skok

Čučanj skok izvodi se po istim pravilima kao čučanj, samo što se nakon koncentrične kontrakcije radi brza i eksplozivna ekscentrična kontrakcija. Čučanj skok je učinkovito sredstvo u razvijanju dinamičke snage i snage cijelog lanca donjih ekstremiteta.

Slika 12. Čučanj skok (Izvor: arhiva autora)

- Čučanj na balans dasci

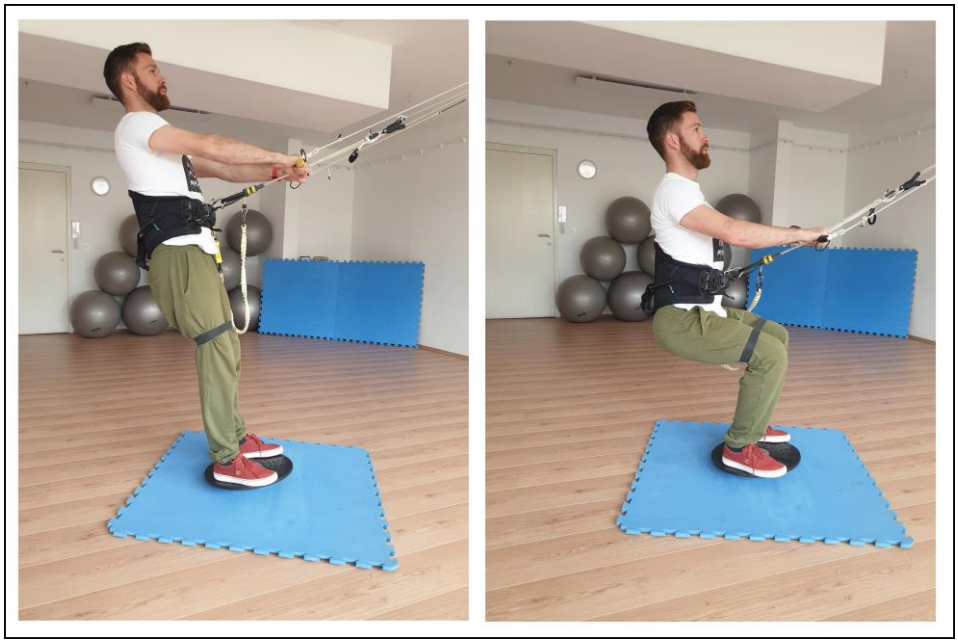
Balans daska koristi se za trening propriocepcije, ali s njom je moguće izvoditi i niz različitih vježbi kojima se istovremeno razvijaju motoričke sposobnosti – ravnoteža, ali i statička snaga i koordinacija.

Čučanj na balans dasci izvodi se po istim pravilima kao čučanj na ravnoj podlozi, s tim da su noge u užem položaju zbog širine balans ploče. Vježbač tijekom cijelog pokreta pokušava držati ravnotežu na način da rub balans daske ne dodiruje tlo. Kod vježbi ravnoteže i propriocepcije na balans dasci, progresija intenziteta postiže se mijenjanjem širina hvata ručke zmaja, mijenjanjem položaja stopala i zatvaranjem očiju.

Slika 13. Čučanj na balans dasci (Izvor: arhiva autora)

- Čučanj na balans dasci s elastičnom trakom

Početni položaj je kao u prethodnoj vježbi. Elastična traka postavljena je poviše koljena. Vježbač stoji na balans dasci, težina je raspoređena na obje noge jednako. Iz te pozicije spušta se u čučanj gurajući koljena u abdukciju odupirući se elastičnoj traci.



Slika 14. Čučanj na balans dasci s elastičnom trakom (Izvor: arhiva autora)

- Jednonožni čučanj na balans dasci

Jednonožni čučanj na balans dasci je zahtjevna unilateralna vježba. Oslonac je na jednoj nozi, rukama se u predručenju drži za ručku zmaja. Iz te pozicije izvodi se čučanj na jednoj nozi, povlačeći drugu nogu iza fleksiranog koljena. Istim putem vraća se u početni položaj. Tijekom izvođenja cijelog pokreta potrebno je održavati ravnotežu na balans dasci i sprječavati da njen rub dodiruje tlo.

Slika 15. Jednonožni čučanj na balans dasci (Izvor: arhiva autora)

- Stražnji iskorak

U početnom položaju stav je spetni ili blago raširen, leđa su u blagoj ekstenziji i rade otpor na ručku zmaja. Iskorak natrag izvodi se tako da koljeno prednje noge ne prelazi ravninu stopala. Isto se ponavlja i s drugom nogom nakon vraćanja u početni položaj.

Slika 16. Stražnji iskorak (Izvor: arhiva autora)

- Iskorak naprijed

U početnom položaju noge su u širini ramena, a rukama se drži za ručku zmaja. Jednom nogom se iskorači prema naprijed, tako da natkoljenica prednje noge bude paralelna s podlogom, a koljeno stražnje noge spuštano što bliže podlozi. Mišići zdjelice su kontrahirani, te se noga kojom je iskoračeno vraća u početni položaj. Povećanje zahtjevnosti vježbe postiže se iskorakom na uzvišenje.

U ovoj vježbi kontrahirani su mišići *m. rectus femoris*, mišići stražnjice *m. gluteus maximus* i mišići stražnjeg dijela natkoljenice *m. biceps femoris*.

Slika 17. Iskorak naprijed (Izvor: arhiva autora)

- Bočni iskorak

Početni položaj je uspravan, stopala su u širini kukova, a ruke u predručenju hvatom za ručku zmaja. Iskorači se jednom nogom u stranu, a druga noga ostaje na mjestu ispružena. U kontinuitetu je potrebno prebacivati težinu s jedne noge na drugu. Položaj leđa tijekom cijele vježbe treba biti ravan.

U ovoj vježbi aktiviraju se mišići vanjske strane natkoljenice, kao i mišići abdomena.

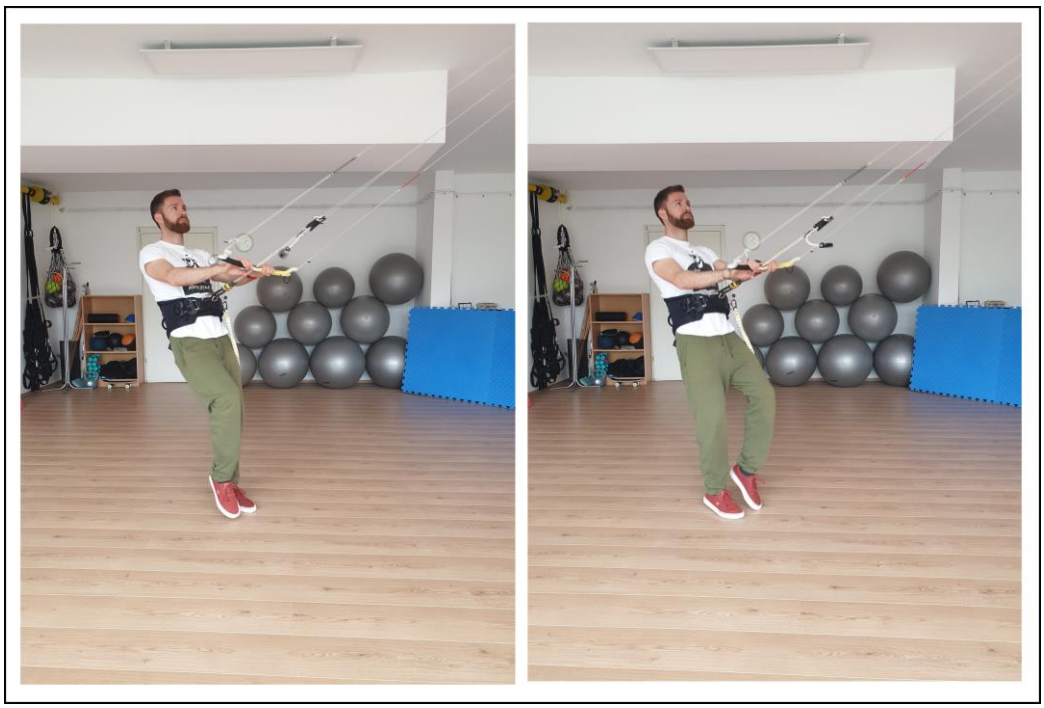
Slika 18. Bočni iskorak (Izvor: arhiva autora)

- Niski skip u mjestu

Niski skip u mjestu dio je vježbi škole trčanja, Izvodi se na način da se naizmjenično podižu stopala od tla tako da prvo prednji dio preko sredine pa do pete dotiče podlogu. Tijelo je nagnuto prema natrag i radi otpor na ručku zmaja.

Vježba se može otežati tako da se postave ljestve za agilnost koje vježbač prelazi u niskom skipu bočno ili naprijed nazad različitim načinima.

Ova vježba izabrana je zbog malih skokova (*engl. pop*) u kojima se jedna noga povlači prije druge kako bi se mogao izvesti skok s daskom.



Slika 19. Niski skip u mjestu (Izvor: arhiva autora)

- Visoki skip u mjestu

Visoki skip u mjestu izvodi se na isti način kao niski skip, s tim da je u ovoj vježbi potrebno podizati natkoljenice do razine kukova. U ovoj vježbi aktivirani su mišići prednje strane donjih ekstremiteta, kao i *m. iliopsoas*.

Ova vježba izabrana je zbog elemenata koji se izvode u slobodnom stilu kiteboardinga kada se nastoji postići visoka amplituda skoka te se jedna noga pomiče s daske.

Slika 20. Visoki skip u mjestu (Izvor: arhiva autora)

- Čučnjevi s odupiranjem o pilates loptu

U početnom položaju ispruženim nogama se odupire o pilates loptu, tijelo je nagnuto prema nazad, ispruženim rukama drži se za ručku zmaja Iz tog položaja ide se u čučanj. Otežavajuće u ovoj vježbi je to što je veće opterećenje na trupu zbog iznimno nagnutog položaja tijela prema nazad, te nestabilne površine pilates lopte.

Vježbe na pilates lopti utječu na znatno više mišićnih skupina te u svakoj vježbi izrazito uključuje mišiće stabilizatore trupa i zdjelice

Slika 21. Čučnjevi s odupiranjem o pilates loptu (Izvor: arhiva autora)

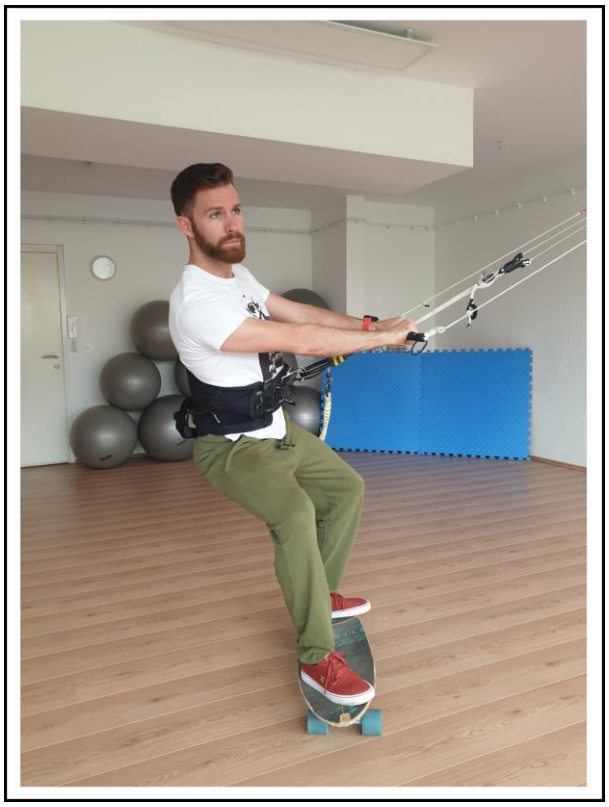
- Čučnjevi s elastičnom trakom i odupiranjem o pilates loptu

Početni položaj i izvedba u vježbi čučnjeva s elastičnom trakom i odupiranjem o pilates loptu istovjerna je prethodnoj ali uz aktivaciju abduktora.

Slika 22. Čučnjevi s elastičnom trakom i odupiranjem o pilates loptu (Izvor: arhiva autora)

- Bočno pomicanje u polučučnju

Bočno pomicanje u polučučnju je najspecifičnija vježba kiteboardera na suhom. Položaj tijela je istovjetan položaju za vrijeme kiteboardinga. Stopalima se skateboard usmjerava u željenom pravcu. Polučučanj utječe na statičku snagu *m. quadricepsa*. Osim za razvoj snage, ova imitacija kiteboardinga na suhom ima i psihološku komponentu jer prije izlaska na more omogućuje kiteboarderima specifičan podražaj.



Slika 23. Bočno pomicanje u polučučnju (Izvor: arhiva autora)

6. Zaključak

U ovom radu prikazane su faze rehabilitacijskog programa nakon rekonstrukcije prednje ukrižene sveze koljena, s naglaskom na specifični dio funkcionalne faze rehabilitacije kod kiteboardera do potpunog ozdravljenja i povratka sportu.

Prikazane vježbe mogu se provesti na jednom mjestu s malim brojem lako dostupnih rekvizita. Navedene vježbe primjenjuju se u završnoj fazi rehabilitacije i trebale bi s određenim razvojem motoričkih sposobnosti pripremiti koljeno i okolnu muskulaturu za sve situacije koje kiteboarding zahtjeva, a koje je moguće imitirati na suhom. Lepeza vježbi za oporavak prikazana je kroz niz od laganijih prema složenijim vježbama, a da se pritom pazilo na motoričke i funkcionalne sposobnosti kako bi se lakše stvorili preduvjeti za kiteboarding trening na vodi. Također, navedenim vježbama djeluje se na psihološku komponentu vježbača i dobivanje sigurnosti u operirano koljeno za daljnji nastavak sportske karijere kiteboardera.

Sve vježbe navedene u radu mogu biti i složenijeg tipa i većeg opterećenja, ovisno o individualnom pristupu oporavka svakog kiteboardera. Važnu ulogu prilikom izvedbe ima kvaliteta i ispravna izvedba svakog pokreta.

Završna faza rehabilitacijskog procesa ima važnu i ključnu ulogu u povratku kiteboardera kiteboardingu.

7. Literatura

1. Arendt, E. and Dick, R. (1995). Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer NCAA date and re- view of literature. American Journal of Sports Medicine 23(6), 694-701
2. Baldon, R. D. M., Lobato, D. F., Carvalho, L. P., Wun, P. Y., Santiago, P. R., & Serrão, F. V. (2012). Effect of functional stabilization training on lower limb biomechanics in women. *Med Sci Sports Exerc*, *44*(1), 135-45.
3. Bjordal, J.M., Arnoy, F., Hannestad, B. and Strand, T. (1997). Epidemi-ology of anterior cruciate ligament injuries in soccer. American Journal of Sports Medicine 25(3),341-345
4. Blewerr, D. Training Needs of Female Athletes. Izvor: https://www.danblewett.com/training-needs-of-female-athletes/ Stavljeno na mrežu: 25.11.2013. Preuzeto s mreže: 25.05.2019.
5. Bryja J. (2008). Kiteboarding statistics: worldwide participation and sales statistics. SBC Kiteboard online: SBC Kiteboard Magazine.
6. Gosheger G, Jägersberg K, Linnenbecker S, Meissner HJ, Winkelmann W. (2001). Injury patterns and prevention in World Cup windsurfing. Sportverletz Sportschaden. 15:50–54.
7. Gray, J., Taunton, J.E., McKenzie, D. C., Clement, D.B., McConkey, J.P. and Davidson, R.G. (1985). A survey of the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players. International Journal of Sports Medicine 6, 314-316
8. Halpern, B., Tucker, L. (2008). Anatomija koljena. U A. Kostelić (ur.), Kriza koljena. Biblioteka, Popularna medicina. Dio 2. Sprječavanje ozljede koljena (str. 34-40). Zagreb, Stih.
9. Hewett, T.E., Ford, K.R., Hoogenboom, B.J., Myer, G.B. (2010). Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. N Am J Sports Phys Ther. 2010 Dec;5(4):234-51.
10. Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt Jr, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., ... & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, *33*(4), 492-501.

11. Hewett i sur., North American Journal Of Sports Physical Therapy. Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. Stavljeno na mrežu: prosinac, 2010. Skinuto s mreže: 04.05.2019. Izvor: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3096145/figure/F1/
12. Exadaktylos AK, Sclabas GM, Blake I, Swemmer K, McCormick G, Erasmus P. (2005). The kick with the kite: an analysis of kite surfing related off shore rescue missions in Cape Town, South Africa. Br J Sports Med. 39:e26; discussion e26
13. Lobato, D.F., Balfon Rde, M., Wun, P.Y., Santiago P.R., Serrao, F.V. (2012). Effects of the use of oral contraceptives on hip and knee kinematics in healthy women during anterior stair descent. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2013 Dec;21(12):2823-30. doi: 10.1007/s00167-012-2248-3. Epub 2012 Oct 31.
14. Lundgren, L., Olandersson, S., Hilliges, M., and Osvalder, A. L. (2007). Biomechanics of extreme sports-a kite surfing scenario. In *NES2007, 39th Annual Congress of the Nordic Ergonomics Society, oct 1-3, 2007, Lingatan Conference Centre, Bohuslän, Sweden* (pp. s-169). Nordic Ergonomics Society.
15. Lundgren L, Brorsson S, Osvalder A. (2011). Injuries related to kitesurfing. World Acad Sci Eng Technol. 2011;77:1132–6.
16. Lundgren, L., Brorsson, S., & Osvalder, A. L. (2011). Injuries related to kitesurfing. In *World Academy of Science, Engineering and Technology* (No. 77, pp. 1132-1136). World Academy of Science, Engineering and Technology, WASET.
17. Lundgren, L., and Brorsson, S. (2009). Observational analysis of body position while kitesurfing. In *11th conference of Sport Kinetics, 2009* (p. 1).
18. Kupciw D, MacGregor A. High-risk sport research. Sport Exerc Sci. 2012;31:28–9.
19. Kobayashi, H., Kanamura, T., Koshida, S., Miyashita, K., Okado, T., Shimizu, T., and Yokoe, K. (2010). Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: a twenty-year clinical research of 1,700 athletes. *Journal of sports science & medicine*, *9*(4), 669.
20. Macnicol, M. i Steenbrugge, F. (2012). The Problem Knee. Diagnosos and management in the younger patient. 3rd Edition. Hodder Arnold an Hachette UK Company.
21. Nessler, T., Denney, L., Sampley, J. (2017). ACL Injury Prevention: What Does Research Tell Us? Curr Rev Musculoskelet Med. 2017 Sep;10(3):281-288. doi: 10.1007/s12178-017-9416-5.
22. Nikolić, T. (2012). Rehabilitacija sportskih ozljeda koljena. U E. Elajber (ur.), Biblioteka stalnog medicinskog usavršavanja – poslijediplomski tečaj 1. Kategorije.

Sportska traumatologija (str. 107-111). Zagreb: Medicinska naklada, Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet.

23. Nikolić V., Hudec M. (2010). Principi biomehanike. Zagreb: Naklada Ljevak
24. Nomadic Kitesurf. Izvor: https://nomadickitesurf.com/kitesurf/. Preuzeto: 20.05.2019.
25. Noyes, F.R. (2010). Knee disoredrs, Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes; Sounders Philadelphia; 315-330.
26. Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *The American journal of sports medicine*, *32*(4), 1002-1012.
27. Pećina M. (1985). Građa i djelovanje spojeva i zglobova donjih udova. U: Krmpotić, Nemanić J. Anatomija čovjeka. JUMENA Zagreb 1985, 142-149.
28. Rođak, V. (2015). Mehanizmi nastanka ozljede i rehabilitacija nakon rupture prednje ukrižene sveze u nogometaša. (Diplomski rad). Zagreb. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
29. Scheibe E, Lignitz E, Hinz P, Scheibe R. (2009). Kitesurfing. A new trend sport but not without danger. Rechtsmedizin. 2009;19:145–151
30. Souryal, T. O., & Freeman, T. R. (1993). Intercondylar notch size and anterior cruciate ligament injuries in athletes: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, *21*(4), 535-539.
31. Shelbourne, K. D., Davis, T. J., & Klootwyk, T. E. (1998). The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears. *The American journal of sports medicine*, *26*(3), 402-408.
32. The Orthopedic & Sports Medicine Institute. Mucle of knee. Stavljeno na mrežu: 05.12.2015. Skinuto s mreže: 10.05.2019. Izvor: http://www.osmifw.com/physical-therapy/knee-exercise-conditioning/muscles-of-knee/
33. Vukičević S, Pećina M, Vukičević D. Biomehanika koljenskog zgloba. U: Pećina M. Koljeno – primijenjena biomehanika. Zagreb: Jumena, 1982; 17- 56.
34. Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: prospective biomechanical-epidemiologic study. *The American journal of sports medicine*, *35*(7), 1123-1130.
35. Ziegler M, Lockemann U, Püschel K. Fatal accident during kite surfing lesson. Rechtsmedizin. 2009;19(3):162–4.