Pregled protokola za analizu hoda

Kelava, Pero

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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:117:468152

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme

i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Pero Kelava

Pregled protokola za analizu hoda

(diplomski rad)

Mentor:

doc.dr. sc. Mario Kasović

Zagreb, rujan 2015.

SAŽETAK

Hodanje je najučestaliji oblik kretanja čovjeka, te ga koristimo pri obavljanju mnogih aktivnosti tijekom svakodnevnog života. Danas ljudi manje hodaju nego prije i sedimentarni način života je uobičajen. Problem koji se javlja kod današnje populacije je nepravilan međuodnos pojedinih segmenata tijela i zato je bitno od najranije dobi djetetovog razvoja pristupiti rješavanju mogućih problema u hodu i posljedica koje mogu nastati pri nepravilnoj izvedbi. Sve veći broj tretmana rehabilitacije bira se na osnovi informacija o kinetici i kinematici hoda.

Biomehaničkom analizom kretanje se proučava kao složeni sustav neurološki upravljen i kao višesegmentalni mehanički sustav povezan zglobovima koji se giba u 3D prostoru.

Analiza hoda nije samo bitna od najranije dobi, ona je bitna u svakoj rehabilitaciji te njenom početku i kraju. Iz obrasca hoda se može iščitati cijeli niz parametara i varijabli koje utječu na čovjekovu posturu, a samim time i spriječavamo mogućnost ozljeda ili mikrotrauma koje mogu nastati tijekom sve većih zahtjeva sportske izvedbe.

Sposobnost hoda nije samo važna za vrhunsku sportsku izvedbu nego se ona mora pratiti od najranije do najkasnije dobi i u tome danas postoji niz protokola koji omogućavaju višestrani pristup analizi hoda.

Ključne riječi: hod, protokol, analiza, rehabilitacija, biomehanika

SUMMARY

Walking is the most common way of human movement and we used it every day during our everyday life. These days people are walking less than they did it before and there is a notable prevalence of sedentary lifestyle. The problem of todays generation is improper relationship of each segment of the body and it is very important to diagnose the gait problem and consequences which can happen due to improper technique. Rehabilitation proces is based on information of kinetics and kinematics of the gait.

Biomechanical analysis movement is being searched as a complicated system which is neurologicaly handled and as a multisegmental mechanical system which is connected with joints and moves in a 3D space.

Gait analysis isn't important just for the children, it is important at the beginning and the end of rehabilitation. From the gait pattern it is possible to read the whole list of parameters and variables which effect the human posture and by that we are preventing the possibility of injuries and microtrauma that can happen during excessive sport exercise and competition.

The possibility of walk is not important just for the top sport performance, she is important from youth to the elderly age and there are lots of protocols which enable that.

Key words: gait, analysis, protocol, rehabilitation, biomechanics

SADRŽAJ

1. UVOD 4
2. RAZVOJ ANALIZE HODA KROZ POVIJEST 5
3. SUVREMENA ANALIZA HODA 8
4. DAVISOV PROTOKOL 11
5. "OUTWALK" PROTOKOL 17
6. KINETIČKO - KINEMATIČKI PROTOKOL 20
7. PROTOKOL HODA ZA OSOBE SA OŠTEĆENIM OBRASCEM HODA 22
8. DARTFISH PROTOKOL ZA ANALIZU HODA 24
9. PROTOKOL CENTRA ZA REHABILITACIJU KOLJENA SHELBOURNE 36
10. ANATOMSKI PROTOKOL HODA KOD DJECE 38
11. PROTOKOL HODA MJEREN 6-MODELNIM STUPNJEM SLOBODE 42
12. ZAKLJUČAK 46
13. LITERATURA 47
14. SLIKE 49

1. UVOD

Kineziologija kao znanost koja se bavi upravljanim procesom vježbanja i posljedicama tih procesa na ljudski organizam postaje i bitno područje primjene biomehanike. Biomehanika omogućuje bolje razumjivanje i izvođenje složenih kretnih struktura. Cjelokupna informacija u biomehanici dobiva se prikupljanjem triju skupina mjernih veličina: kinematičkih, kinetičkih i elektromiografskih. Metode kojima se nastoji proniknut u bit lokomocije razvijaju se velikom brzinom, a nove tehnološke mogućnosti omogućavaju da se dođe do spoznaja i otkrića koja su u početku bila nedokučiva. Nova istraživanja unutar biomehanike primarno su usmjerena na poboljšanje sportske izvedbe, ali je transfer informacija jako bitan i za područja rekreacije, edukacije i posebno u rehabilitaciji i kineziterapijskim postupcima.

Hodanje je primarna metoda pomoću koje se krećemo s jednog mjesta do drugog. Generalno gledano svrha hodanja je premještanje segmenata tijela više manje konstantnom brzinom. Tijekom hoda javljaju se vanjske sile; sile trenja i reakcije podloge, sile otpora, te unutarnje sile; aktivna sila mišića, te sile pasivnih dijelova lokomotornog sustava (tetive, ligamenti, fascije). Izvedba nekog gibanja pa tako i hoda zahtjeva čitav niz kemijskih, mehaničkih reakcija kao što su: neurološki impulsi, održavanje posturalne stabilnosti, mehanički rad mišića, pretvorba energije.

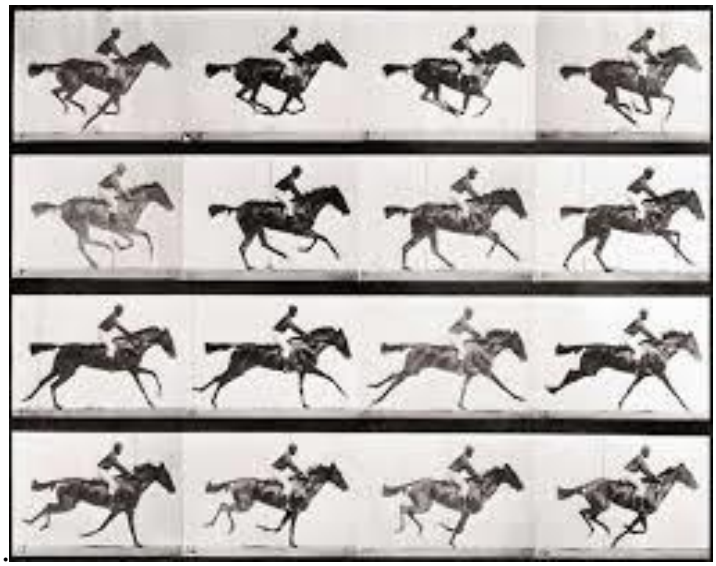
Uzevši u obzir sve parametre vidimo značaj biomehanike u sportu, analize kojima možemo predočiti sportaševu izvedbu i tako utjecati na njegovu izvedbu tijekom daljnih natjecanja i spriječavanje mogućih ozljeda i mikrotrauma koje mogu biti posljedica nepravilne izvedbe. Kako bi razumjeli bit pravilne izvedbe moramo poznavati sve zakonitosti biomehanike kao interdisciplinirano područja kineziologije.Moderne klinike i instituti u svijetu mjesta su akumulacije brojnih novih iskustava na tom polju, što doprinosi podrucjima ortopedije, neurologije, traumatologije, rehabilitacijske medicine, sportske medicine, pa u okviru iste i sportske traumatologije.

2. RAZVOJ ANALIZE HODA KROZ POVIJEST

Počeci znanstvenih analiza hoda vežu se uz Galilea, Newtona, da Vincia, no prvo djelo koje na znanstveni način opisuje hod napisao je Galilelov učenik Benedetto Castelli.

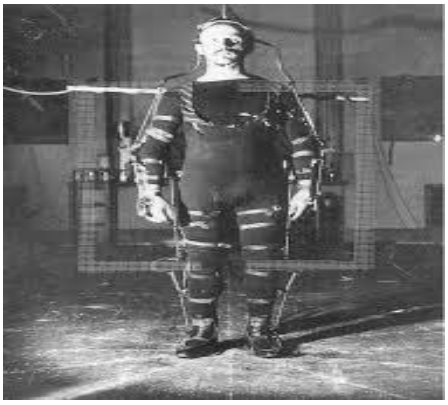
Daljnje naprednije proučavanje hoda započelo je s razvojem fotografije pomoću kojih se može zaustaviti određena sekvenca koja i proučiti detalji koji nisu vidljivi golim okom.

Etienne Jules Marey i Eadweard James Muybridge su dva pionira uz ljudske animalne lokomocije. i Eadweard James Muybridge je prvi snimio sekvence konja u galopu, a Etienne Jules Marey je uz pomoć fotografske kamere, crnog odijela s metalnim okomitim linijama i crnom podlogom napravio prve snimke slične modernoj kinematografskoj analizi hoda.



Slika 1. Sekvence konja u galopu

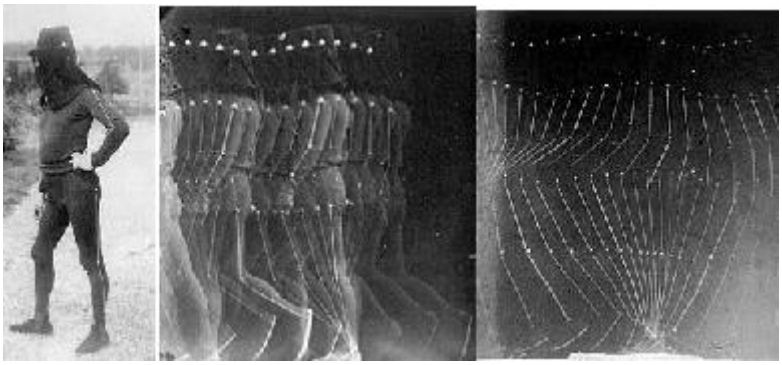
(Heimer, Ž., (2005). Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda)



Slika 2. “Morion capture“ odijelo iz 19.st

(Heimer, Ž., (2005). Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda)

Povijesno gledano, istraživaćki pokreti nastojali su na razne načine izmjeriti čovječje tijelo i time ga što bolje upoznati. Etiene – Jules Mayer je u drugoj polovici 19.st. provodio ozbiljna ekspreminatalna istraživanja čovječjeg kretanja. Konstruirao je više uređaja kojima bi mjerio i registrirao pokazatelje pokreta, te je uspostavio u Parizu i prvi biomehanički mjerni laboratorij.



Slika 3. Mayerev ispitanik odjeven u crni kombinezon i pripadni kinematički zapis hoda tzv.štapićasti dijagram

(Heimer, Ž., (2005). Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda)

Eadweard Muybridge u drugoj polovici 19.st. se poslužio otkrićem fotogragije koju je izumio Louis Jacques Mande Daguerre godine 1839., te je prvi put uveo fotografski postupak u istraživanje lokomocije postavljanjem niza kamera duž hodne staze tj.staze za trčanje i njihovim slijednim aktiviranjem.

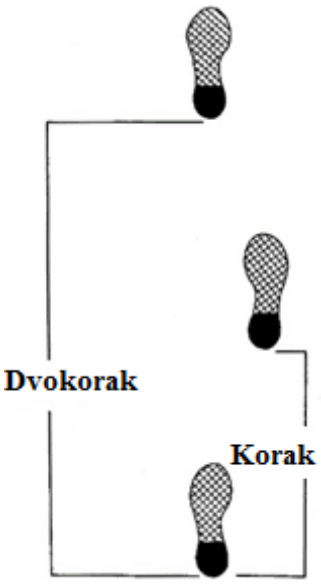
Godine 1967. prvi put je u biomehanici ostvarena automatska detekcija svijetlih točaka na tamnoj površini i to na principu detekcije praga svjetlosti u TV slici.

Pravim se vremenom kinematike može smatrati vrijeme razvoja automatiziranih stereometrijskih metoda, prvo u laboratorijskim sredinama akademskih sustava, a poslije od sredine 1970 – ih, i komercijalnih. Primjenom takvih sustava, informacija o prostornim pomacima točaka na čovjekovom tijelu na poluatomatski način unosi u računalo. Pritom je obično potrebno obilježiti ispitanika odgovarajućim oznakama koje mogu biti aktivno napajane ili reflektirajuće. Neki sustavi su primjenjivi u prvom redu u laboratorijskim uvjetima, a neki u terenskim uvjetima (Nikolić V., Hudec M. i suradnici (2010).

3. SUVREMENA ANALIZA HODA

Pojam hodanja je nespecifičan. To je ciklički uzorak čovječjeg tijela koji se neprestano ponavlja, korak po korak. Ljudski hod je proces u kojem uspravno pomičemo tijelo podupirući se prvo jednom, a zatim drugom nogom. Nakon što je tijelo prošlo nogu koja je oslonačna površina druga noga prolazi savinuta naprijed u pripremi za sljedeću oslonačnu fazu. Jedna ili druga noga su uvijek na podu tijekom hoda i također postoji kratak period kada su obje noge na podu. Kada osoba krene brže hodati vrijeme u kojem su obje noge na podu se smanjuje pa sve do trenutka kad osoba krene trčati gdje postoji kratak period kada nijedna noga ne dodiruje podlogu. Ciklična izmjena oslonca jedne pa druge noge i period u kojem su obje noge na podlozi istovremeno su glavne značajke lokomocije ljudskog hoda (Chapman, A. E. 2008).

U hodu razlikujemo korak i dvokorak, dužinu koraka definiramo kao duljinu između pete ipslapatelarne i kontralateralne noge, a ona u prosjeku iznosi 69,5 centimetara. Dužinu dvokoraka definiramo između ipsalateralne pete do sljedeće ipsalateralne pete. Ona u prosjeku iznosi dvostruku duljinu koraka.



Slika 4. Dužina koraka i dvokoraka(www.oandp.org)

Kadencu definiramo kao frekvenciju hoda. Prosječna kadenca iznosi 116 koraka u minuti.

Ciklus hoda definiramo kao period koji započinje konatktom pete jedne noge do kontakta pete te iste noge. Možemo reći da ciklus hoda odgovara jednom dvokoraku odnosno ciklus hoda iznosi dva koraka. Prosječna brzina hoda iznosi 80 metara u minut(i Burnfield, J. M., & Powers, C. M. (2006).

Ciklus hoda se satoji od sljedećih podfaza: faza oslonca koja čini otprilike 60% ciklusa hoda i faza njihanja koja čini 40% ciklusa hoda.

1. Faza oslonca

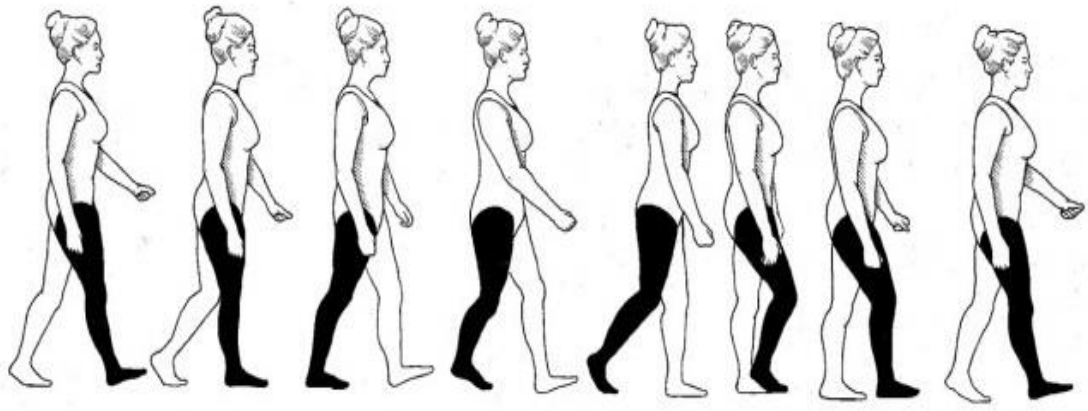
Inicijalni kontakt - peta prednje vodeće noge dodirne podlogu. Bitne značajke ove podfaze su prijenos težišta naprijed i apsorpcija šoka generiranog od pete stopala od podlogu. Ova podfaza prethodi minifazi u kojoj suprotna noga razvija inicijalno njihanje.

Prihvaćanje opterećenja - Bitne značajke ove podfaze su prijenos težišta naprijed i apsorpcija šoka generiranog od pete (stopala) o podlogu. Ova podfaza prethodi minifazi u kojoj suprotna noga razvija inicijalno njihanje.

Međufaza - Dio ciklusa hoda u kojem stojeća noga drži kompletnu težinu tijela. Minifaza, u kojoj se odiže peta stojeće noge s podloge, spaja treću i četvrtu podfazu.

Završna faza - Suprotna noga petom dotiče podlogu (opposite heel strike), težište se prenosi na kontralateralnu stranu.

Predzamah - Ponovno dolazi do podfaze dvostrukog oslonca na nogu koja je prije bila prednja, a sada je stražnja. Možemo reći da je podfaza prihvaćanja opterećenja prvi interval dvostrukog oslonca, a podfaza predzamaha, drugi interval dvostrukog oslonca.



Slika 5. Ciklus hoda

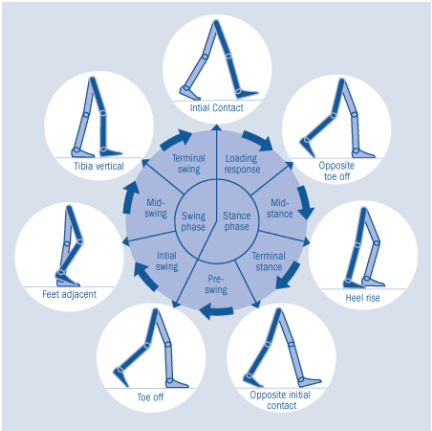
(seecolombia.travel)

2. Faza njihanja

Inicijalno njihanje - Stopalo se odiže do podloge. Podfaza završava s minifazom u kojoj sustopala nasuprot jedno drugome.

Međunjihanje - Vodeća noga dolazi ispred stojeće noge. Ova podfaza završava minifazom u kojoj se tibia nalazi okomito na podlogu.

Završno njihanje – noga decelerira i priprema se za apsorbciju šoka uoči kontakta s podlogom.(Mock, M., & Sweeting, K. (2007).

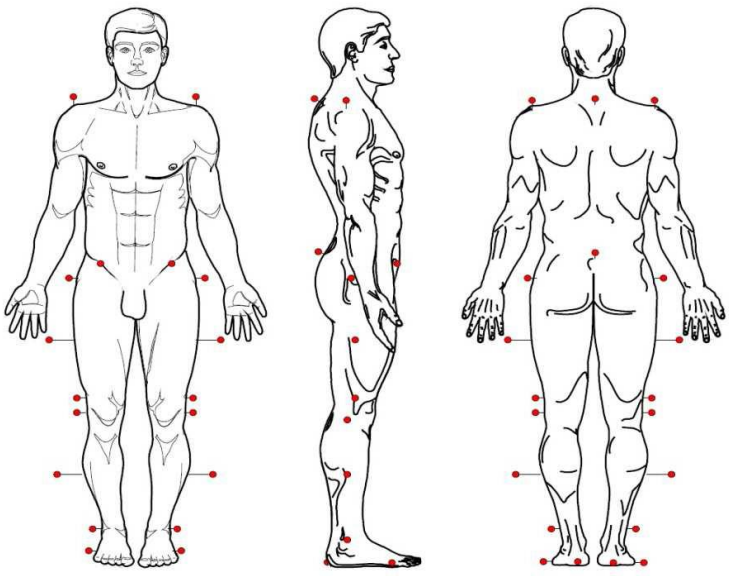


Slika 6. Podfaze hoda (hdfrm.com)

4. DAVISOV PROTOKOL

Davisov protokol razvijana1980 – ih. Newtignton dječijoj bolnici u Sjedinjenim Američkim državama s ciljem da se dobiju brojni odgovori koje predstavlja ljudska lokomocija.

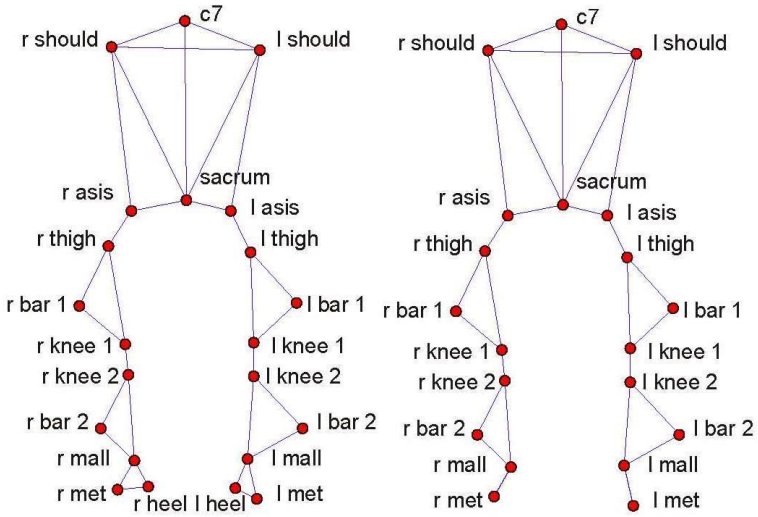
Davisov protokol je posebno razvijen protokol za potrebe analize hoda, koji podrazumijeva standardizirani način prikupljanja podatka prilagođen kliničkoj medicinskoj uporabi (Medved & Kasović, 2007). Davisov protokol definira postavljanje pasivno – reflektirajućih oznaka. Oznake se postavljaju na tijelo čovjeka prema određenim anatomskim zakonitostima i karakterstikama pojedinih segmenata tijela i predstavljaju minimalnu konfiguraciju za analizu hoda. Nakon prikupljanja dvodimenzinalnih informacija o poziciji pojedine oznake za svaku kameru slijedi trodimenzionalna obrada trodimenzionalne prostorne koordinate dobijaju se stereometrijskom metodom obrade dvodimenzionalnih informacija najmanje dviju kamera. Na taj način je moguće dobiti trenutni položaj pojedinog segmenta tijela te njegov koordinatni sustav.



Slika 7. - Postavljanje markera po Davisovu protokolu

(Heimer, Ž., (2005). Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda)

Koordinatni sustav pojedinog segmetna tijela može biti određen pomoću tri nekolinearne oznake pozicionirane na njega. Koordinatni sustav natkoljenice sastoji se od tri prostorna vektora dobivenih od tri prostorne oznake. Prvi i drugi vektor su poznati dok se treći vektor izračunava Gram Schmidt – ovom metodom. Na sličan način se izračunava koordinatni sustav potkoljenice. Prostorne informacije o centru koljenog zgloba izračunavaju se iz pridruženih koordinatnih sustava natkoljenice i potkoljenice te antropometrijskih vrijednosti (širina koljenog zgloba u metrima).

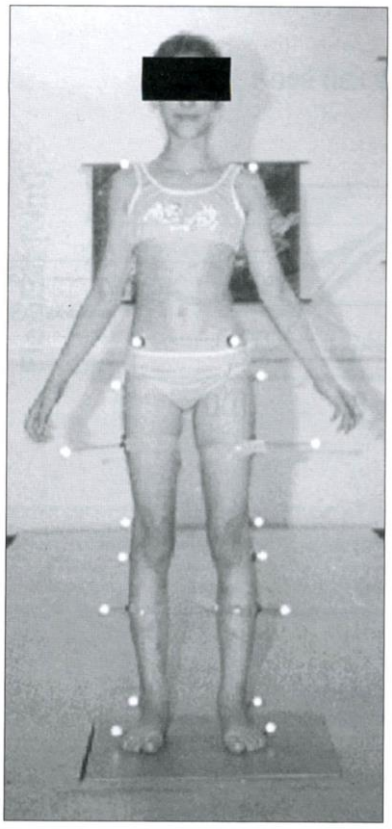


Slika 8 - Model ispitanika od markera spojenih linija

(Medved, V., & Kasović, M. (2007). BIOMEHANIČKA ANALIZA LJUDSKOG KRETANJA U FUNKCIJI SPORTSKE TRAUMATOLOGIJE)

Tako pozicionirane daju informacije kojima se određuje:

- Orijentacija koordinatnog sustava pojedinog segmenta,
- Trenutna pozicija središta pojedinog zgloba,
- Kut u pojedinom zglobu,
- Momenti sila u zglobovima,
- Snaga u zglobovima,



Slika 9 - Ispitanik spreman za mjerenje (functionalneurology.com)

Oznake se pozicioniraju na tijelo prema sijedećem rasporedu

Oznake za gornji dio tjela:

Na gonji dio tjela postavljaju se tri oznake:

- Lijevi i desni akromion ramena,
- Procesus spinosus sedmog vrtanog kralješka,

Oznake zdjelice:

- Lijeva i desni anerior superior iliace,
- Na sacrum na polovini razmaka do poterior superior iliace,

Oznake natkoljenice:

- Lateralna strana velikog trohantera,
- Lateralna strana femoralnog epikondila,

- Štapić pozicioniran s lateralne strane natkoljenice na sredini pravca koji spaja veliki trohanter i femolarni epikondil.

Oznake potkoljenice:

Kao i za natkoljenicu i za svaku potkoljenicu postavaljaju se tri oznake

- Oznaka pozicionirana preko lateralne glave fibule,
- Oznaka pozicionirana preko lateralne strane maleola,
- Oznaka na štapiću pozicionirana s lateralne strane na sredini pravca koji spaja glavu i malleolus fibule.

Oznake stopala:

Broj oznaka stopala mijenja se zavisno jeli se mjerenje radi u stojećoj ili hodajućoj poziciji

- Oznaka pozicionirana preko glave pete metatarzalne kosti,
- Oznaka pozicionirana na petu u visini oznake koja se pozicionira preko glave pete metatarzalne kosti.

Osim specifičnog načina postavljanja pojedinih oznaka Davisov protkol zahtjeva određene antropometrijske podatke prije pokretanja samog mjerenja. Takvi podaci služe za precizno izračunavanje finanih rezultata i potrebno ih je pažljivo izmjeriti i unijeti u računalo.

Potrebni antropometrijski podaci su:

1. Težina ispitanika(kg),
2. Visina (cm),
3. Širina zdjelice, udaljenost između lijevog i desnog ASIS-a (cm),
4. Širina koljenskog zgloba za lijevu i desnu nogu (cm),
5. Širina gležnja za desnu i lijevu nogu (cm) – lijeva i desna strana,
6. Vertikalni razmak mjeren između velikog trohantera i ASIS-a za desnu i lijevu nogu (cm),
7. Puna dužina noge mjerena između ASIS-a i maleollusa fibule za desnu i lijevu nogu (cm).

Kod mjerenja hoda osoba sa poteškoćama prolaz svakom nogom se ponavlja i do 15 puta kako bi došli što točniji podaci i velik uzorak za usporedbu dobivenih podataka, dok se mjerenje kod zdravih osoba provodi na način da naprave četiri prolaza desnom nogom i tri lijevom. Da bi mjerenje bilo ispravno ispitanik u svakom prolazu mora nagaziti na platformu punim stopalom, ne prelaziti rubove platforme, stoga se mora odrediti pozicija na stazi s koje kreće prvi korak, a ona ovisi o duljini koraka svake osobe.



Slika 10 - Primjer neispravnog prolaza

(Heimer, Ž., (2005). Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda)

Svaki prolaz sastoji se od hoda po stazi duljine 10 metara, nagaza punim stopalom na platformu, nastavak kretanja do kraja staze te ponovnog vraćanja do platforme pri čemu ispitanik stane na nju da bi se platforma resetirala prije slijedećeg mjerenja. Neispravan prolazak preko platforme mora se ponoviti i dobiveni se podaci odbacuju. Za vrijeme mjerenja kretanje ispitanika se paralelno prati na računalu.

Kinetičko mjerenje je rađeno na osnovi reakcije sila podloge. Platforma mjeri sile u smjeru kretanja *F*y, poprečne sile *F*x, vertiklane sile *F*z, moment podloge oko vertikalne osi *M*z, te hvatišta sile *P*x i *Py*.

U kinematičkom mjerenju dobivamo podatke o pomacima markera, tj. dobivamo njihove trajektorije i odnose kutova.

Izmjerene veličine se pohranjuju na računalo, te se odrađuju metodom inverzne dinamike nakona zvršetka mjerenja za što operateru treba oko 90 minuta. Inverzna dinamika krutih tijela je metoda računanja sila i momenata temenljenih na kinematici (gibanje) tijela i svojstvima inercije (masa, moment inercije). Najčešća primjena ove metode je baš kod povezanih segmenata koji čine model ljudskog tijela. U praksi, inverzna dinamika računa unutarnje momente i sile iz podataka dobivenih mjerenjem gibanja udova i vanjskih sila koje se dobiju u obliku sila reakcija podloge (Heimer , 2005).

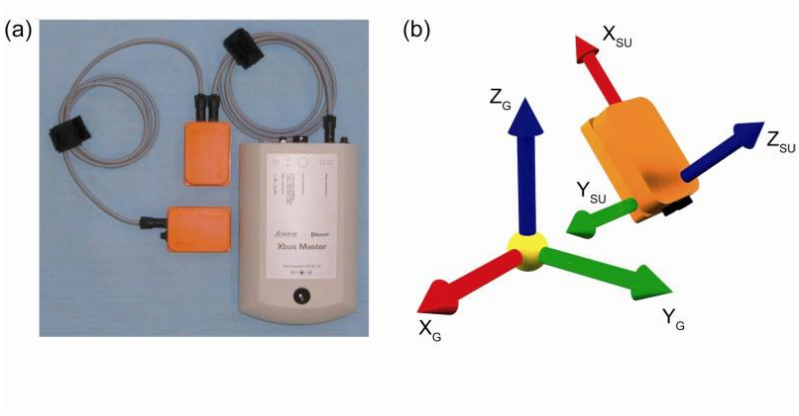
Zbog usporedbe podataka utvrđenih pri hodu različitih ispitanika, potrebno je noramalizirati podatke. Sile se trebaju podijeliti s težino ispitanika. Potrebno je normalizirati i vremensku os. Trajanje jednog ciklusa hoda treba predstavljati 100% na vremenskoj osi. Za platformu trajanje kontakta jedne noge s podlogom predstavlja 100% na vremenskoj osi.

5. “OUTWALK“ PROTOKOL

Protokol nazvan Outwalk je razvijan za lakšu dijagnozu hoda kod djece sa cerebralnom paralizom, djece sa amputacijama te 3D kinematičku analizu tijekom svakodnevnih uvjeta korištenjem Inercijalnog i Magnetskog Mjernog Sistema (IMMS - Inertial and Magnetic Measurement System). Outwalk definira anatomske/funkcionalne koordinatne sustave za svaki segment tijela kroz tri koraka:

1. pozicioniranje dijelova tijela senzoričkim jedinicama (Sensing Units) na ispitanikovom torakalnom dijelu, zdjelici, bedrima, goljenici i stopalima, korištenjem jednostavnih pravila;
2. izračunavanjem srednje osi fleksije i ekstenzije koljena;
3. mjerenjem orijentacije markera dok je ispitanikovo tijelo pozicionirano u prethodno dogovorenoj posturi, stajaćoj ili ležećoj poziciji

IMMS se sastoji od senzoričkih jedinica (SU) što su kutijice koje sadrže 3D mjerač ubrzanja, žiroskop i magnetomater. Podaci koje skupe SU mjere 3D orijentaciju koordinatnog sustava SU-a u odnosu na globalni, zemaljski orijentiran koordinatni sustav. Outwalk omogućava mjerenje koordinatnog sustava tijela pomoć SU jedinica u usporedbi sa globalnim koordinatnim sustavom. Koristi se i ručni goniometar pri mjerenju pozicije tijela u ležećem položaju.



Slika 11 - SU jedinice sa koordinacijskim sustavom

(Ferrari, A. (2010). Technical innovations for the diagnosis and the rehabilitation of motor and perceptive impairments of the child with Cerebral Palsy.)

SU jedinice se postavljaju na sljedećim dijelovima tijela i to samo na jednoj strani kod donjih ekstremiteta (Slika):

- torakalni dio - na proksimalnom dijelu sternuma,
- zdjelica - između dva sakroilijakalna zgloba točno iznad kralježnice,
- bedra - na lateralnoj strani gornje trećine natkoljenice,
- goljenica - na distalnom dijelu blizu lateralnog malleolusa gležnja,
- stopalo - preko tenisice kako bi maksimalno osigurali stabilnost.



Slika 12 - Postavljanje SU jedinica na određenim dijelovima tijela

(Ferrari, A. (2010). Technical innovations for the diagnosis and the rehabilitation of motor and perceptive impairments of the child with Cerebral Palsy.)

Izlazni parametri kod ovog protokola su kutne brzine mjerene na sljedećim dijelovima tijela:

- torakalni dio - prednji i stražnji nagib, podizanje i spuštanje, unutarnja i vanjska rotacija,
- zdjelica - ekstenzija i fleksija, bočni nagib, unutarnja i vanjska rotacija,
- koljeno - fleksija i ekstenzija, varus i valgus pozicija, unutarnja i vanjska rotacija
- gležanj - dorzalna i plantarna fleksija, inverzija i everzija, unutarnja i vanjska rotacija.

Protokol hoda je dosta individualan s obzirom na to da se primjenjuje kod djece i osoba sa poteškoćama u razvoju ili amputacijama te je teško standardizirati postupak. Između ostalog mjeri se i pozicija mirovanja u ležanju, naročito kod osoba sa cerebralnom paralizom.

Pozitivna stvar kod ovog protokola je što se koristi IMMS koji je dobavljiv, pristupačne cijene i prijenosan, te je po svim karakteristikama pristupačniji od optoelektroničkih sistema. (Ferrari, 2010)

6. KINETIČKO - KINEMATIČKI PROTOKOL

Analiza hoda mjerena na traci za trčanje koja je ima sposobnost mjerenja sila reakcija podloge nudi velik broj mogućnosti. U ovoj vrsti protokola, prostor i broj kamera se može smanjiti čime se dodatno pojednostavljuje cjelokupni proces. Također se mogu dodatno koristit elektromiografski uređaji te spiroergometrija.

U ovom protokolu koristi se AMTI traka za trčanje koja mjeri 3D silu reakcije podloge te omogućava analizu različitih oblika hoda te trčanja. Kinematički podaci sakupljeni su sa 10 kamera Vicon 624 sistem za analizu pokreta. Sinkronizirani kinetički podaci sakupljaju se sa dvije AMTI ploče za mjerenje sila i AMTI tri trake za trčanje sa pločama za mjerenje sila.



Slika13 - Traka za trčanje sa pločom za mjerenje sile reakcije podloge (hmrc.engineering.queensu.ca)

Analiziraju se kinetički i kinematički parametri samo donjih ekstremiteta.

Izlazni parametri ovog protokola su kutne brzine mjerene u sljedećim zglobovima i pri određenim pokretima:

- kukovi - fleksija i ekstenzija, adukcija i abdukcija, vanjska i unutarnja rotacija,
- koljeno - fleksija i ekstenzija,
- gležanj - plantarna i dorzalna fleksija,
- zdjelica - prednji i stražnji nagib, bočni nagib, unutarnja i vanjska rotacija,
- kralježnica - fleksija i ekstenzija, maksimalna i minimalna lateralna fleksija, maksimalna i minimalna rotacija,
- sile kojima se djeluje na tenziometrijsku ploču pri različitim faza hoda.

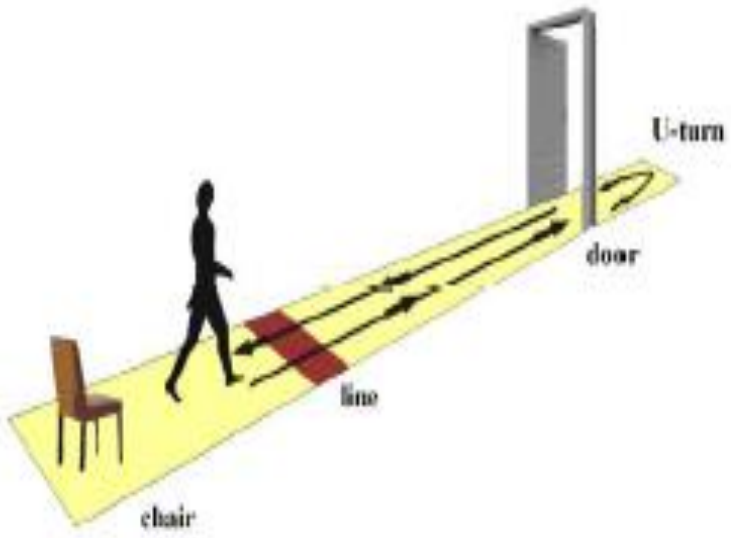
Protokol hoda se vrši tako da ispitanik hoda tri puta po 30 sekundi te se test ponavlja tri puta kako bi pružio što točnije podatke.

Ono što još nudi ovaj način mjerenja jest sigurnost i standardizacija testova kroz kontroliranu brzinu i usporedbe između različitih mjerenja. Međutim ovaj protokol ima i svoje manjkavosti s obzirom da postoji određena zabrinutost da je osjećaj hodanja ili trčanja različit na traci za trčanje i na tlu, posebice kod starijih osoba. (Riley i dr., 2008)

7. PROTOKOL HODA ZA OSOBE SA OŠTEĆENIM OBRASCEM HODA

Rehabilitacijska upotreba ovog protokola je od velikog značaja te se može koristiti kod osoba sa Parkinsonovom bolešću, nakon moždanog udara i sličnih bolesti ili nesreća koje uzrokuju promjenu obrasca hoda te tzv. freezing epizode koje su karakterizirane blokadom usred hoda. Ovaj protokol se može upotrebljavati za dijagnozu stanja i praćenje napretka rehabilitacije. Praćenjem tzv. freezing epizoda hoda te učetalošću nastanka tih epizoda možemo procjeniti i ocjeniti stanje pacijenta.

Protokol se izvodi na način da pacijent sjedi na stolici u hodniku, podigne se sa stolice, prošeće prema sobi, prođe kroz vrata i okrene se za 180° u lijevu stranu (tzv. U-okret) i vrati se istim putem natrag te se okrene i sjedne natrag na stolicu te se vrati u početnu poziciju u kojoj je bio i na početku protokola. Put koji pacijent mora prijeći je otprilike 13 metara u jednom i isto toliko u drugom smjeru.



Slika 14 - Protokol hoda za osobe sa oštećenjem obrasca hoda

(Đurić-Jovičić M. (2012). Metode analize signala sa inercijalnih senzora za analizu hoda pacijenata sa oštećenim obrascem hoda)

Bežični mjerači sile se postavljaju na slijedeće točke:

- ispod pete,
- metatarzalnih kosti,
- području palca,

Snimaju se sile reakcije podloge te se snima video snimačem te se analiziraju faze i kvaliteta hoda.

Protokol za analizu hoda osoba s hemiplegijom izgleda tako da se pacijenta snima u prirodnom hodu u hodniku širokom tri metra i dugačkom 10 metara bez ikakve prepreke te se naknadno analizira faze i kvaliteta hoda.

Izlazni parametri u oba protokola su:

- kutne brzine u zglobovima kuka, koljena i gležnja,
- sile reakcije podloge kojima se djelovalo na podlogu.

Ovaj protokol je vrlo koristan u rehabilitaciji ali i iziskuje dosta veliko iskustvo promatrača jer se dosta toga temelji na subjektivnoj procjeni posebice kod nespecifičnog hoda i prepoznavanja određenih obrazaca hoda, međutim u tome mu pomažu ovi kinetički i kinematički izlazni parametri kojima se može dodatno unaprijediti rehabilitacija i samim time poboljšati kvaliteta života. (Đurić-Jovičić, 2012)

8. DARTFISH PROTOKOL ZA ANALIZU HODA

Većina laboratorija i klinika imaju njihove specifične kriterije i protkole za video analizu hoda. U ovom protokolu opisat ćemo jedan od prijmera kako se relativno brzo može dobiti biomehanički profil i funkcionalna procjena. Specifični protokol koji se koristi je određem stučnošću ispitivača laboratorija i ciljem istraživanja bilo da se radi o sporti, evaluaciji ozlijeda ili teerapetskom postupku.

Zagrijavanje/ adaptacija na ergometar

Analiza se ne provodi odmah, ispitanik se mora priviknuti hodajući/trčeći po površini, na stazi ili ergometru u dužini minimalno 4-5 minuta kako bi se aklimatizirao na površinu i okruženje. Bitno je za naglasiti kako osobe drugačije gibaju na ergometru jer su ograničeni.

Brzina hodanja/trčanja

U većini slučajeva ispitanik bi trebao izabrati brzinu koja mu je ugodna. Ispitanikovi obrasci hoda će se mijenjati s promjenama brzine ergometra. Naprijmer dužina koraka, fleksija koljena tijekom kontakta i kontak stopala će trajati manje s povećanjem brzine.

Odjeća

Kompresijske hlačice i majica bez rukava su idelani za vizualnu analizu detalja. Široka odjeća smeta kod kretanja i otežava postavljanje markacija. Također procjena stopala unutar tenisice je vrlo teška zbog čega bi se početna procjena kretanja stopala trebala obavit bez obuće.

Postavljanje markera

Mjerenje se može obavit sa i bez markacije ali funkcionalnost zglobova najbolje izmjeri ako se postave markacije. Reflektirajući ili standardni sportski tape može biti korišten za markaciju kože. Podrazumjeva se da postavljavanje traka zahtijeva veliko iskustvo i anatomsko znanje jer nepravilno postavljeni markeri značajno smanjuju pouzdanost mjerenja. Markacije na koži mogu prelaziti preko zglobova pa je razumljivo prikaz neće biti 100% točan. Markacije se s prednje strane postavljaju na prednji kuk i

koljeno na spina iliaca anterior superior i na patelu, sa stražnje strane preko sredine ahilove tetitve i potkoljenice, sa lateralne strane se postavljaju na lateralni femolarni kondil i na fibularni maleolus.



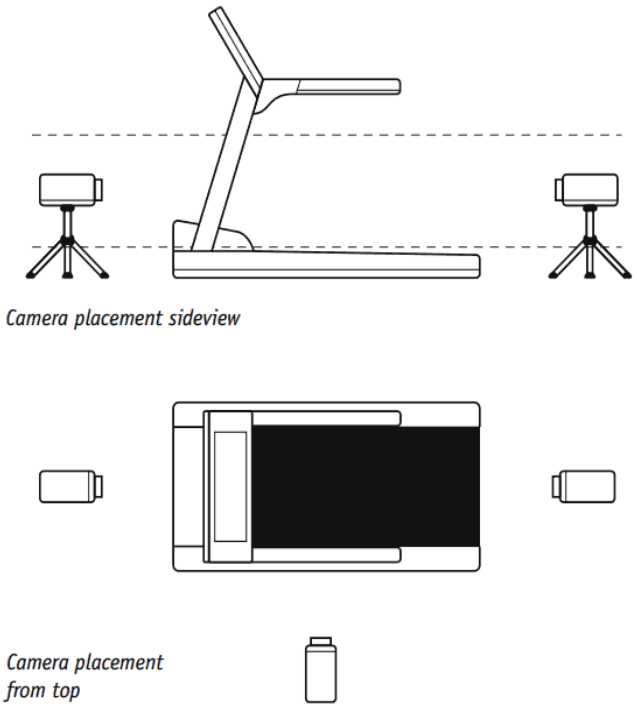
Slika 15 – markeri se postavljaju s prednje strane (prednji dio kuka- spina iliaka superior anterior, sredinu patele) stražnje strane (sredina stražnjeg dijela pete i potkoljenice), te lateralno (lateralni zglob koljena i vrh fibularnog maleola)

(Dartfish (2014) – Gait analysis system)

Postavljanje video kamere

Uz poznavanje i razumijevanje protokola dodatno moramo znati postavljanje kamere. Moramo imati pogled sprijeda, otraga i sa strane kako bi imali prikaz u najmanje dvije dimenzije. Snimanje ispitanika sa stražnje strane je najkorisnije za prikaz stražnje strane stopala, nagiba kukova te kretanja ruku i ramena. Snimanje s pednje strane je najkorisnije za pregled adukcije koljena, prednje strane stopala, visine rameni i simetričnosti ruku. Pogled sa strane nam omogućava vizualizaciju pomjeranja kuka, koljena i fleksije i ekstenzije gležnja. Kamera treba biti postavljena što bliže subjektu kako bi uhvatila područje koja nam je najbitnije. Šire postavljanje objektiva može biti korisno u nekim postavkama. Važno je da su kamera u istoj visini s promatranim segmentima.

Video analiza



Slika 16 - pogled na kamere sa strane i iznad kamera.

(Dartfish (2014) – Gait analysis system)

Analiza hoda

Promatranje bi se trebalo napraviti sprijeda, otraga i sa strane sa ispitanikom na ergometru ili stazi bez inklinacije. Pacijent se treba zagrijati i onda izabrati brzinu hodanja ili trčanja. Promatranje se sljedeći segemnti

- Poravnavanje glave
- Visina i simetrija ramena
- Simetrija zamaha ruku
- Asimetričnost unutarnje i vanjske rotacije noge
- Kut i uporište hoda (kut stopala u odnosu na nižu nogu koja se promatra otraga i kako će se u nastavku kretanja stopalo spustiti na podlogu
- Asimetričnost prebacivanja kukova
- Gibanje trupa
- Mjerenje odizanja tijela

Promatranje se prvo radi bez tenisica a zatim ispitanici trče u obući koja uključuje uloške i ortoze.

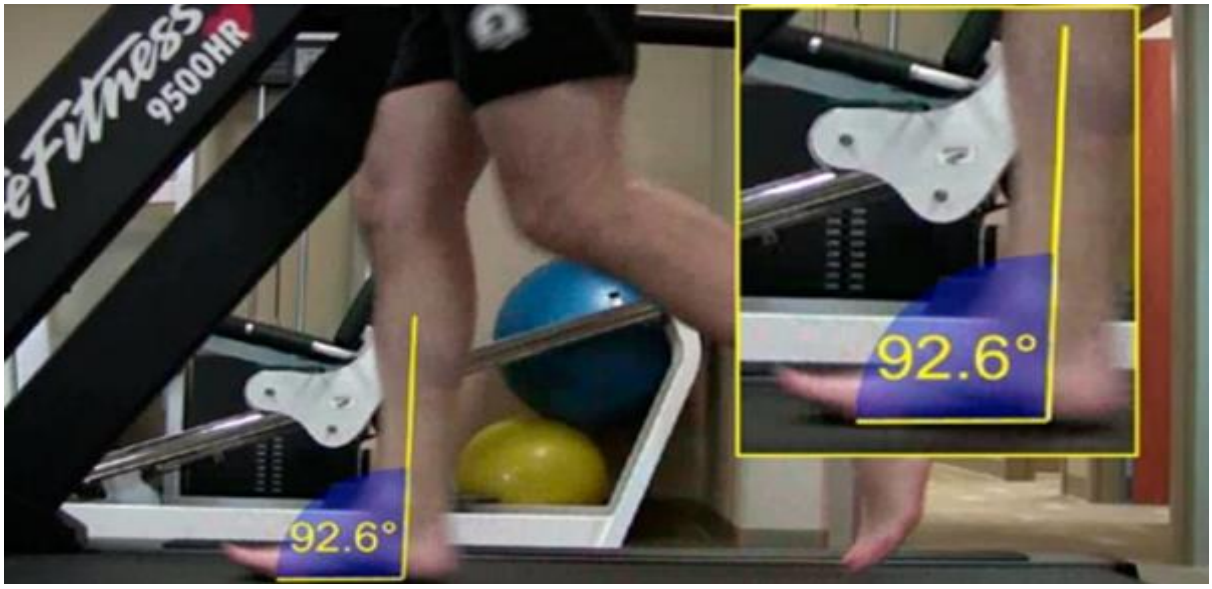
Ključni kinematički kutevi za promatranje

Dorzalna fleksija gležnja tijekom kontakta: kut se dobije prvim kontaktom stopala o podlogu. Kut je iscrtan medijalnim svodom stopala te sredinom osovine tibije. Ključna pozicija sa strane uključuje: inicijalni kontakt, međufazu i završnu fazu (pred-zamah).

- Normalno je 10 stupnjeva dorzalne fleksije i -10 stupnjeva plantarne fleksije. Udarac pete bit će u dorzalnoj fleksiji ali sredina i prednji dio stopala će biti plantarno flektirani
- Značajke : napetost ahilove tetive i mišića lista mogu limitirati gibanje gležnja i mogu uzrokovati upalu ahilove tetive i druge ozlijede.



Slika 17 - Dorzija i fleskija gležnja tijekom kontakta iznosi 6 stupnjeva (90-84=6).



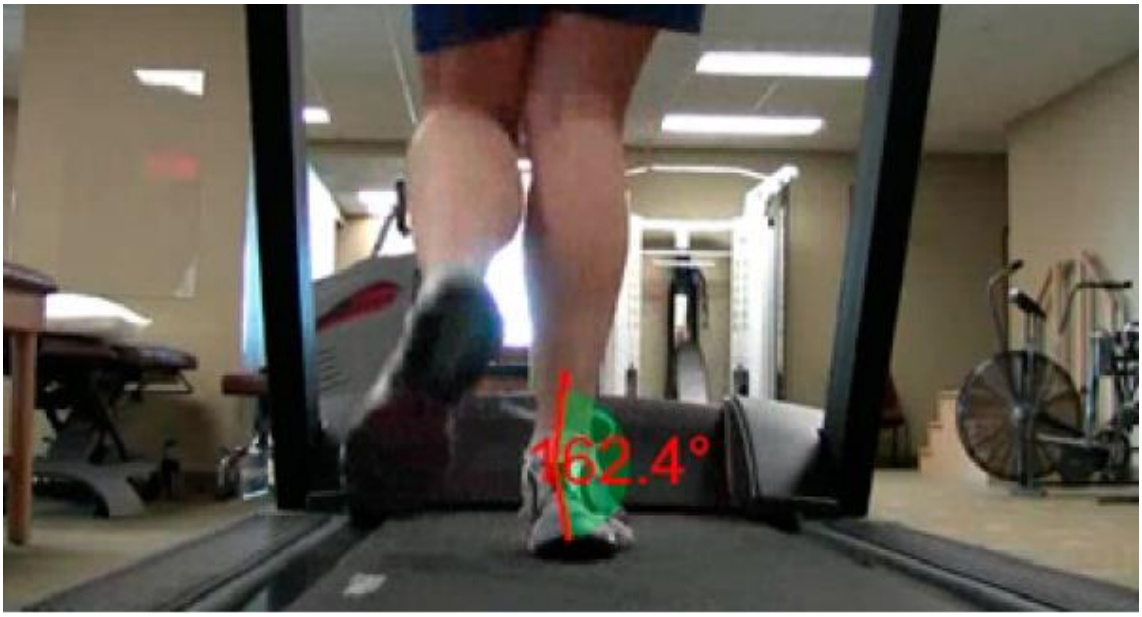
Slika 18 - Izgled dorzalne fleksije kod stopala trkača tijkom spuštanje srednjeg dijela stopala.

(Dartfish (2014) – Gait analysis system)

Maksimalna everzija stopala sa stražnje strane

Sljedeći kut se označava neposredno prije nego se stopalo krenulo odvajati od podloge. Ovu značajku puno je lakše procijeniti ako je ispitanik bos. Ključne pozicije su maskimalna everzija stopala sa stražnje strane i produžena everzija stopala sa stražnje strane obje noge.

- Normalno je da stražnji dio stopala bude uspravan tijekom završne faze
- Značajke; ako stopalo ide previše u everziju može doći do sindroma prenaprezanja kao što su: upala ahilove tetive, patelofemuralna bol, trkačke potkoljenice i plantarnog fascitisa.



Slika 19 - Trkač demonstrira prekomjernu everziju stopala u završnoj fazi hoda.

(Dartfish (2014) – Gait analysis system)



Slika 207 - Prikaz prekomjerne everzije trkača bez obuće

(Dartfish (2014) – Gait analysis system)



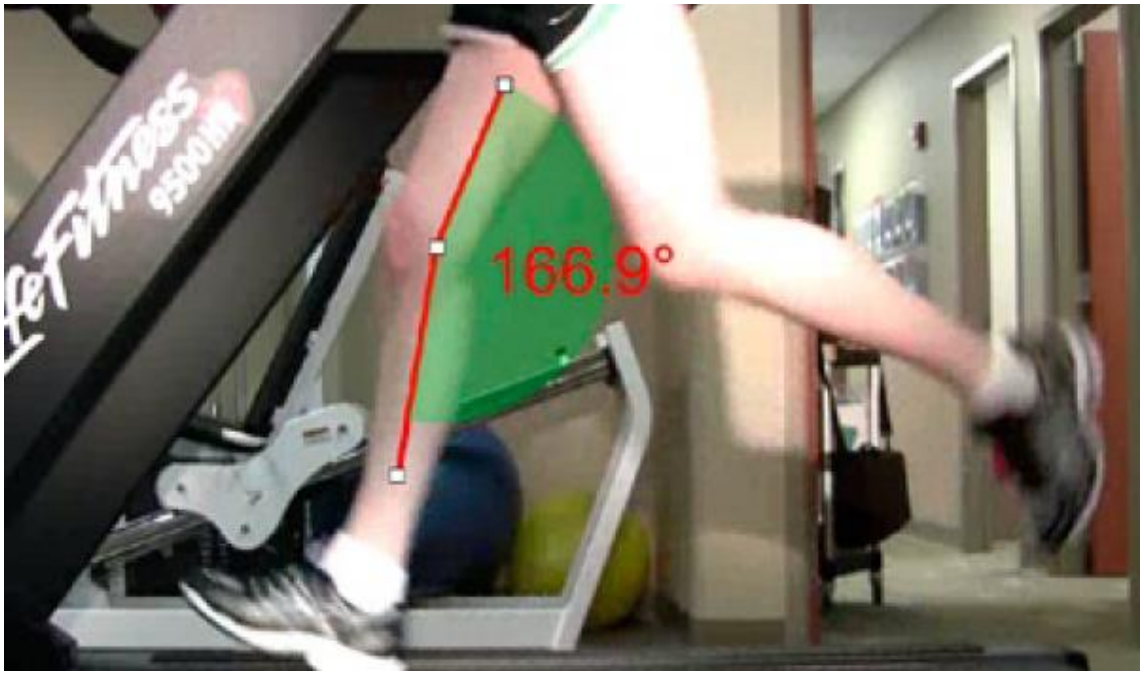
Slika 21 - Kut u stražnjem dijelu stopala izmjeren vodoravno u odnosu na podlogu ergometra u trkača koji ima prekomjernu everziju tijekom završne faze hoda. (Bitno je provjeriti razinu ergometra prije mjerenja kuta). Kut stopala treba biti blizu okomici u ovoj fazi hoda.

(Dartfish (2014) – Gait analysis system)

Fleksija koljena tijekom kontakta

Kut se obilježava nakon što peta dotakla podlogu. Kut je postavljen između natkoljnice i potkoljenice.

- Normalno stanje: vrh kuta je zmeđu 15-40 stupnjeva
- Značajke: brže trčanje i duži korak rezultiraju smanjenjem fleksije koljena tijekom inicijalnog kontakta.



Slika 22 - Prikazana je noramalna ekstenzija koljena tijekom inicijalnog kontakta. Kod ozljeda koljena preporučeno je skraćivanje koraka za 10 stupnjeva kako bi se smanjio otpor tijekom kontakta.

(Dartfish (2014) – Gait analysis system)

Adukcija koljena u završnoj fazi

Koristeći vertikalne linije koje prolaze sredinom koljena. Ključno je bilo uhvatiti inicijalni kontakt pete, međufazu i zvršnu fazu.

- Normalno stanje; dok je koljeno flektirano u međufazi patela druge noge mora biti u liniji s palcom
- Značajke: moguće devijacije su prevelika pronacija ili supinacija stopala što je povezano sa atrofijom mišića trupa. Patelofemuralrna bol, trkačka potkoljenica, upala ahilove tetive često su povezani sa abnormalnom adukcijom koljena.



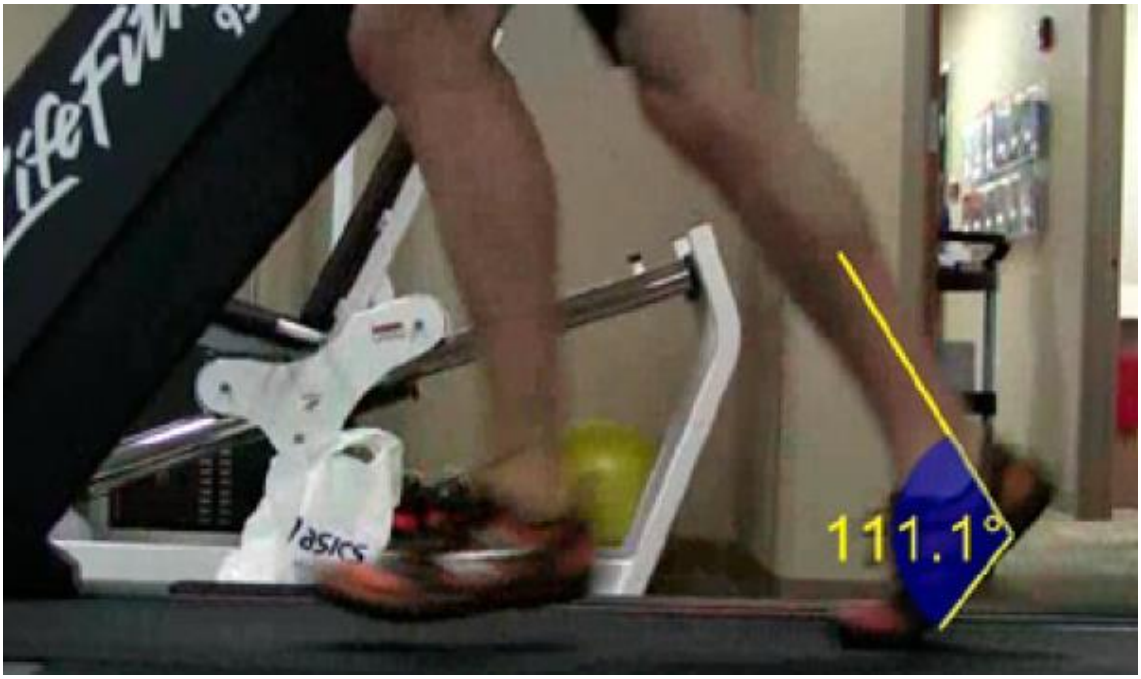
Slika 23 - Trkač demonstrira normalnu adukciju koljena desne noge u završnoj fazi hoda. Linija okomice spaja patelu i drugi prst stopala.

(Dartfish (2014) – Gait analysis system)

Plantarna fleksija tijekom odgurivanja

Kut koji se opisuje icrtan je neposredno prije odvajanja palca od podloge i opisan vrhom i dnom stražnje strane koljena.

- Normalni opseg je oko 20 – 30 stupnjeva,
- Ograničena amplituda kretnje koljena, ograničena amplituda palca ili slabosti mišića lista mogu uzrokovati upalu ahilove tetive, plantarnog fascitisa, a može čak utjecati i na koljena, kukove i donji dio leđa.

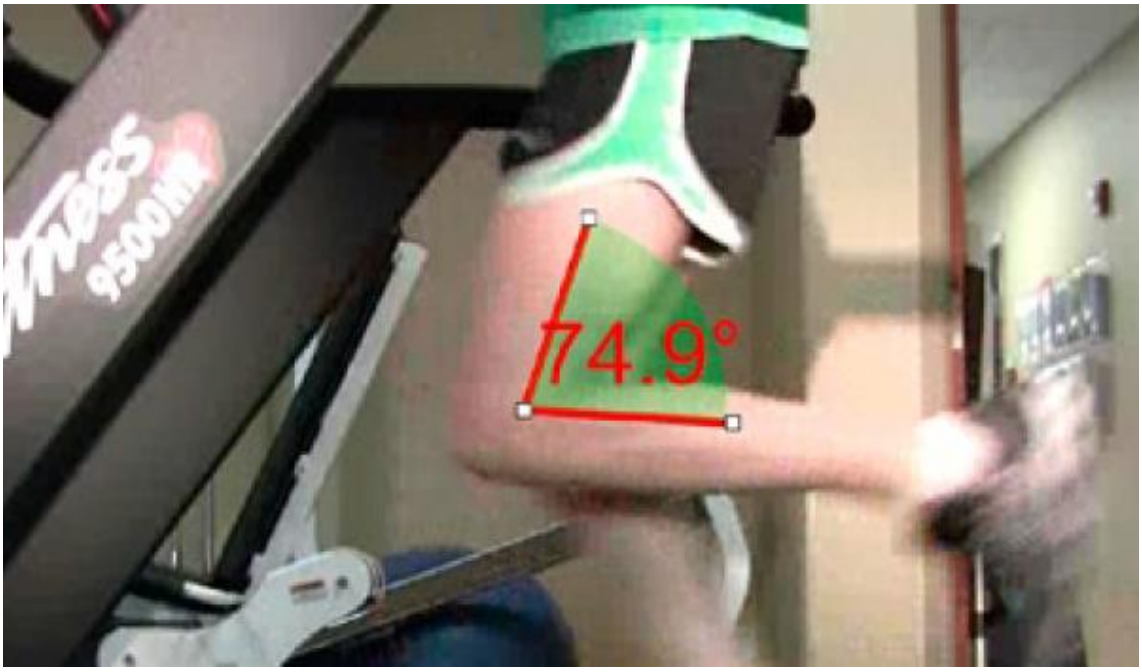


Slika 24 - Plantarna fleksija stopala iznosi 21 stupanj (111-90=21), te je u granicama normalne amplitude (Dartfish (2014) – Gait analysis system)

Fleksija koljena u fazi zamaha

Vrh kuta je nacrtan od femulrnog lateralnog kondila sredinom natkoljenice i potkoljenice.

- Normalna amplituda je od 5 – 130 stupnjeva
- Značajke: ograničena amplituda može dovesti do disbalansa između zadnje lože i kvadricepsa.



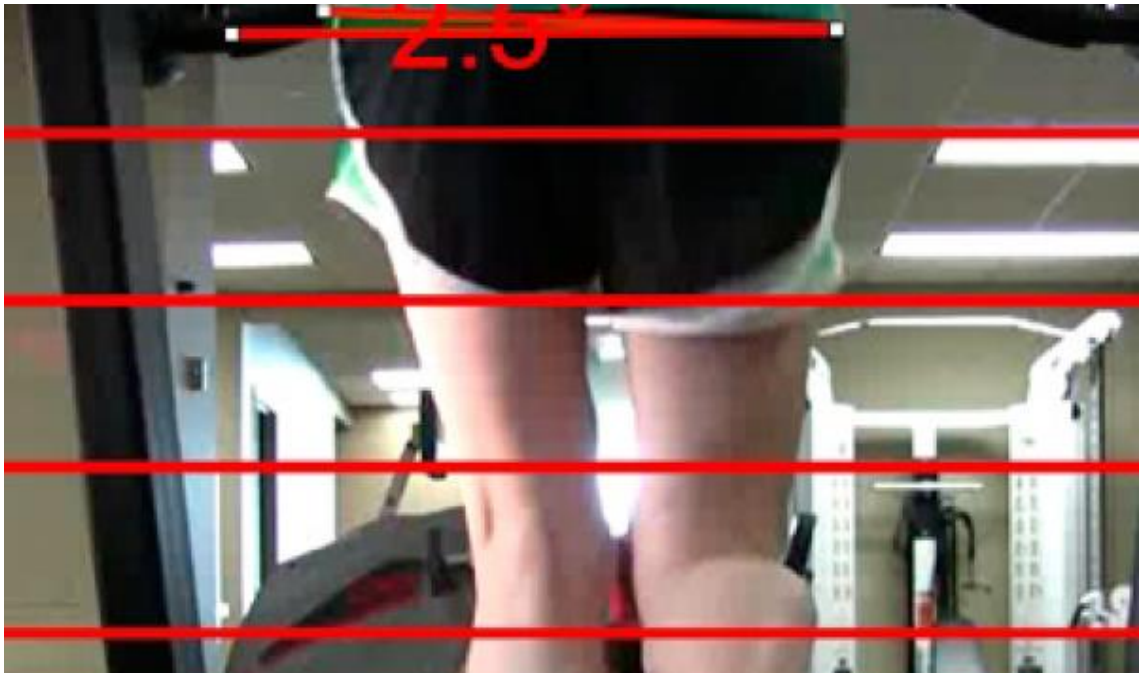
Slika 25 - Ograničena i ili asimetrična fleksija koljena može dovesti do mišičćnog disbalansa ili ograničavanje amplitude pokreta u koljenu i kuku.

(Dartfish (2014) – Gait analysis system)

Kretanje kukova – nagib zdjelice

Uz pomoć horizontalnih linija i markera koji su postavljeni na spina iliaca superior – anterior i izmjeren je kut između horiznotalnih linija koje su nacrtane i horizontalnih linije koje povezuju markere.

- Normalna amplituda zdjelice je 4 – 5 stupnjeva
- Asimetričnost može uzrokovati nejednakost u dužini udova, disfunkcije kralježnice i zglobova kuka, te mišića gluteusa mediusa.



Slika 26 - Nagib zdjelice u međufazi iznosi 2.5 stupnjeva. Ova točka bi bila lakša za razmatranje ako bi se koristila traka postavljena na veliki trohanter s obje strane kuka.

(Dartfish (2014) – Gait analysis system)

9. PROTOKOL CENTRA ZA REHABILITACIJU KOLJENA SHELBOURNE

Protkol se koristi za analizu hoda kod pacijenata koji su imali rekonstrukciju prednjeg križnog ligamenta. Rekonstrukcija prednjeg križnog ligamenta trebala bi omogućiti ponovnu uspostavu normalnog obrasca hoda koja je narušena kod pacijenata bez prednjeg križnog ligamenta ili kod onih s kroničnom rupturom.

Kinematički podaci se prikupljaju koriteći Optitrack sistem sa 6 infracrvenih kamera rezolucije 640x480 piksela i ARENA softvera. Kamere su postavljene duž staze i postavljene su markacije na donje udove koji se prate ovim protokolom.

Četiri markera postavljena su na sljedeća lokacije;

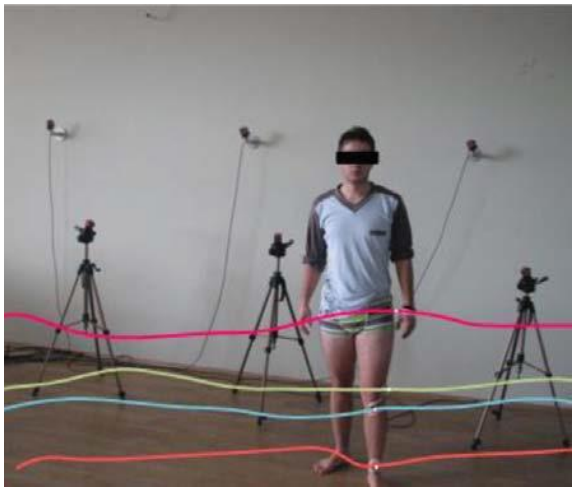
- Regija velikog trohantera (RVT)
- Lateralni femolarni epikondil (LFE)
- Tuberositas tibije (TT)
- Centar gležnja (CG)



Slika 26 - RVT-veliki trohanter, LEF – lateralni femularni epikondil, TT – tuberostias tibije, CSZ – sredina gležnja

(Matic, A. V., Ristic, B., Devedzic, G., Filipovic, N., Petrovic, S., Mijailovic, N., & Cukovic, S. (2012). GAIT ANALYSIS IN PATIENTS WITH CHRONIC ANTERIOR CRUICATE LIGAMENT INJURY)

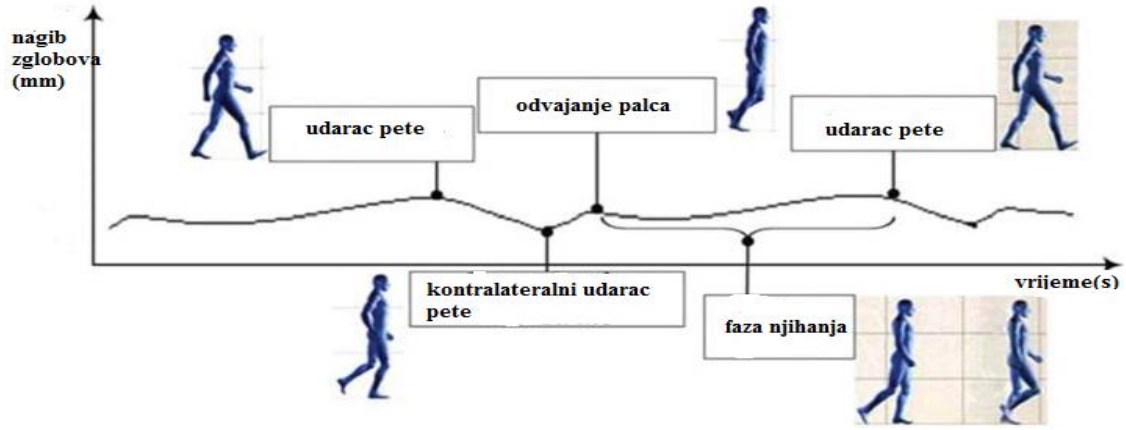
Analiza se provodi na način da ispitanik hoda vlastitom brzinom u dužini od pet metara. Prvo se registrira signal na deficitarnom prednjem križnom ligamentu, zatim je izvedena i procedura za zdravo koljeno. Svaki ispitanik trebao je ovaj zadatak napraviti četiri puta(Matic i dr., 2012).



Slika 27. Linije za analizu hoda (Matic, A. V., Ristic, B., Devedzic, G., Filipovic, N., Petrovic, S., Mijailovic, N., & Cukovic, S. (2012).

Na slici 28 prikazan je način analiziranja parametara kretanja:

- Roza linija predstavlja kretanje velikog trohantera,
- Žuta linije predstavlja kretanje femoralnog lateralnog epikndila,
- Plava linija prestavlja kretanje tuberositasa tibije,
- Crvena linija predstavlja kretanje centra gležnja,



Slika 29 - Ključne faze hoda i gibanje centra zglobova koji se analizirjaju u protokolu. Matic, A. V., Ristic, B., Devedzic, G., Filipovic, N., Petrovic, S., Mijailovic, N., & Cukovic, S. (2012).

10. ANATOMSKI PROTOKOL HODA KOD DJECE

Analizu ljudskog hoda još uvijek sadrži velik broj manjkavosti pri uporabi protokola za prikupljanje podatke i analizu. Postupak analize hoda od prikupljanja podataka do analize se mora što više pojednostaviti. U ovom slučaju, radi se o prikupljanju podataka kod djece koja ne mogu mirno stajati dugo vremena noseći velik broj markera i dodatak za mjerenje.

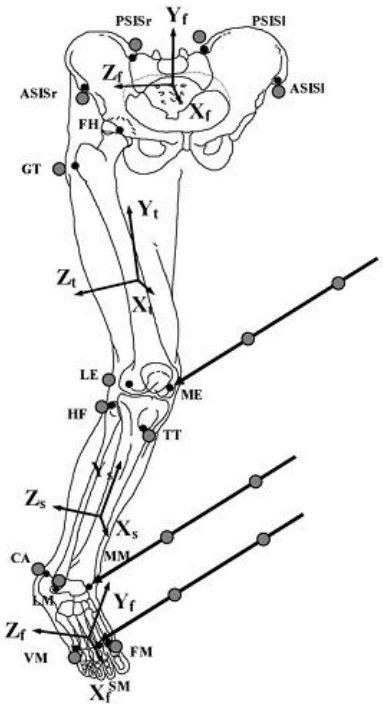
Aanatomski markeri koji se prate u prostoru su obilježeni sa 10 mm sferičnim markerima postavljenim:

- na dvije najizbočenije točke spine iliaca superior anterior i spina iliaca superior posterior,
- na dva trohantera natkoljenične kosti,
- lateralne epikondile,
- proksimalan vrh glave fibule,
- najizbočenijeg dijela tibial tuberositas,
- hvatište ahilove tetive na petnu kost
- dorsalni dio prve i pete metatarzalne kosti.

Standardni koordinatni sistem adaptiran je za svaki zglob, koji podrazumijeva: definiranje fleksije, ekstenzije koja je uzeta kao medijalno latralna os proksimalnih segmenata, unutarnja i vanjska rotacija je definirana vertikalnom osi distalnih segmenata, te adukcija abdukcija koja se odnosi na pokretnu os koja je ortogonalna na ostale.

Ova terminologija je usvojena za zglobove kuka i koljena, a i za svaki zglob ove tri rotacije se odnose na dorzalnu, plantarnu fleksiju, inverziju/everziju i abdukciju. Rotacija zdjelice, nagib i naginjanje zdjelice izračunati na isti način tj. virtualnom povezanošću između laboratorijskih kao proksimalnih i zdjeličnih kao distalnih segmenata. Kako bi se izračunao standardni apsolutni kut, oduzimane su vrijednosti

posturalnih kuteva u statičkoj poziciji i napravljena je za sve zglobove i rotacije zdjelice. Kutevi su izračunati vektorima centra zgloba i pripadajućih vektora sila reakcija podloge.



Slika 30 – Anatomski markeri

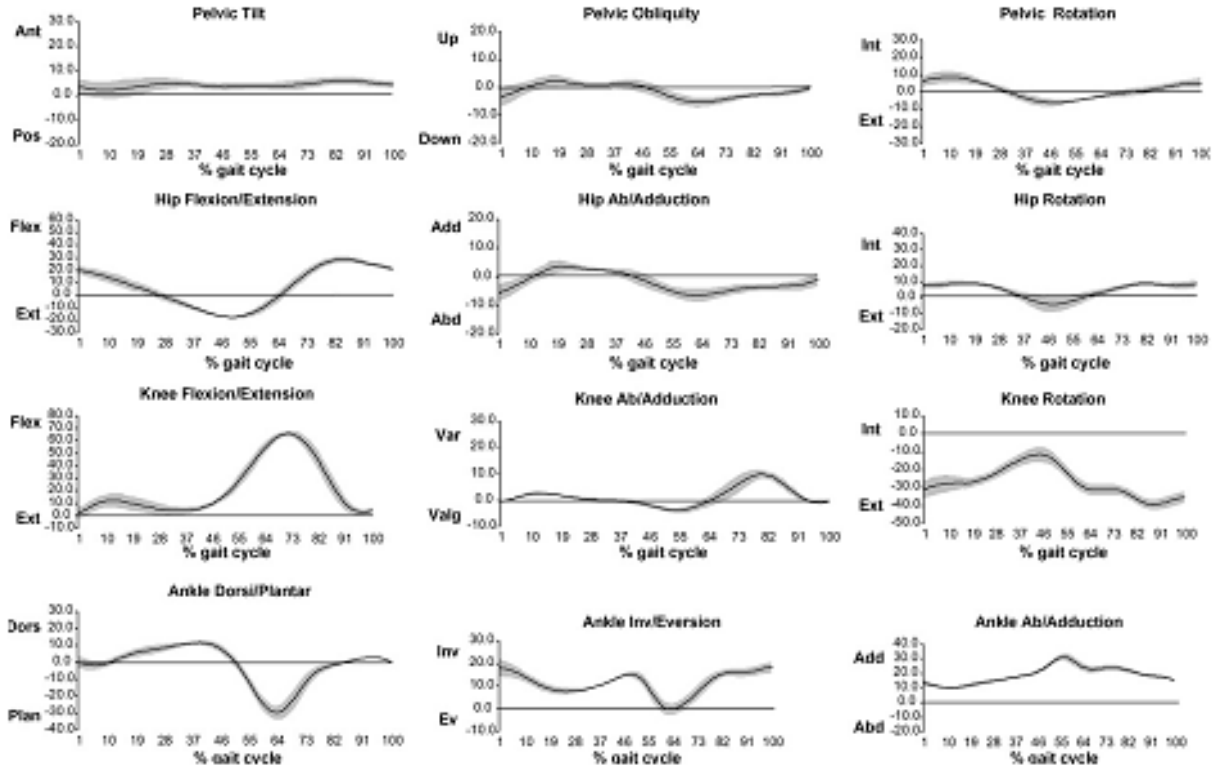
(Leardini i dr. (2007). A new anatomically based protocol for gait analysis in children)

Kinematički parametri prate se prostornim markerima i sa 8 camera (Vicon 612, Vicon Motion System Ltd., Oxford, Uk) dok se kinetički parametri prate sa dvije tenziometrijske ploče (Kistler Instrument, AG, Switzerland). Protokol hoda sastoji se od 10 ponavljanih hodanja po prostoru gdje su postavljene kamere i tenziometrijske ploče.

Kinematički izlazni parametri su kutne brzine u zglobovima (Slika):

- Zdjelica – nagib i rotacija
- Kukovi – fleksija i eksteznija, abdukcija i adukcija, rotacija

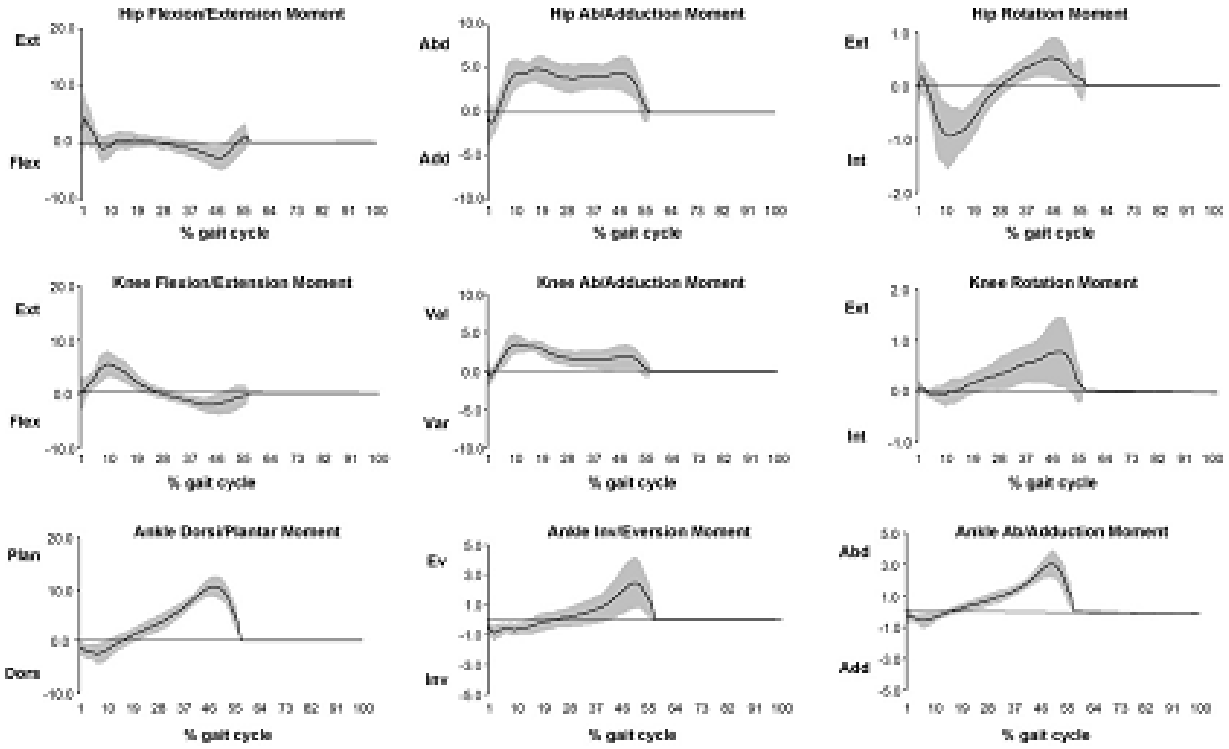
- Koljeno – fleksija i ekstenzija, abdukcija i adukcija, rotacija
- Gležanj – dorzalna i plantarna fleksija, inverzija i everzija, adukcija i abdukcija



Slika 31 – Kinematički parametri

Leardini i dr. (2007). A new anatomically based protocol for gait analysis in children

Kinetički izlazni parametri su momenti u zglobovima (zdjelica, kuk, koljeno, gležanj) uz uvažavanje reakciju sile podloge i centar zgloba. (Leardini i dr., 2007) (Slika)



Slika 32 – Kinetički parametri

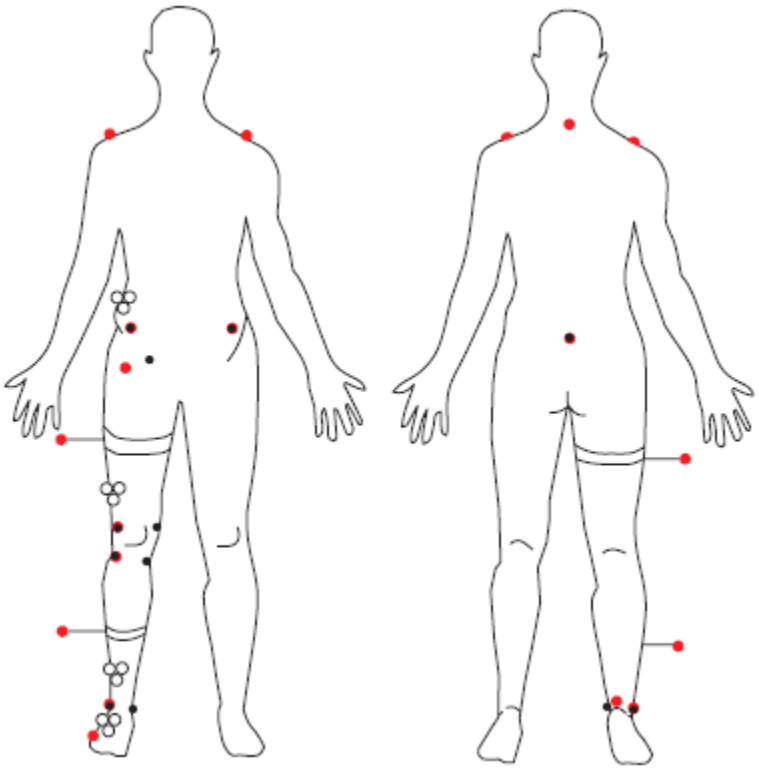
Leardini i dr. (2007). A new anatomically based protocol for gait analysis in children

Ovaj protokol koristi se za evaluaciju kinetički i kinematičkih parametara isključivo za donje ekstremitete. Nekoliko je problema vidljivo kod ovog protokola kao što su pozicija markera na koži koja sa pomiče pri hodu, primjerice kod rotacija koljena u sagitalnoj osi (Leardini i dr., 2007).

11. PROTOKOL HODA MJEREN 6-MODELNIM STUPNJEM SLOBODE

Kinematička analiza ljudskog hoda je instrumentaliziran mjerni sustav koji dopušta mjerenje različitih obrazaca kretnja, iz čega se daju isčitati vrijedni podaci važni za biomehnička istraživanja i kliničku upotrebu.

Oznake koje se postavljaju na anatomske točke su fotoreflektirajući markeri kojima se prati pozicija u prostoru te omogućava 3D praćenje te nisu ograničeni sa 2 stupnja slobode već je omogućeno 6 stupnjeva slobode. Dva seta markera koji se koriste su ISB6DOF i modificarni Helen Hayes set postavljeni su kako bi se pratila kretnja desnog donjeg ekstremiteta. 22 reflektirajuća markera postavljaju se na štapiće i na tijela ispitanika poštujući Helen Hayes proceduru.



Slika 33 - Anatomski markeri postavljeni na ispitanikovom tijelu

(Żuk, M., & Pezowicz, C. (2015). Kinematic Analysis of a Six-Degrees-of-Freedom Model Based on ISB Recommendation: A Repeatability Analysis and Comparison with Conventional Gait Model)

Fotoreflektirajući markeri (Slika - tri spojena kruga) se postavljaju:

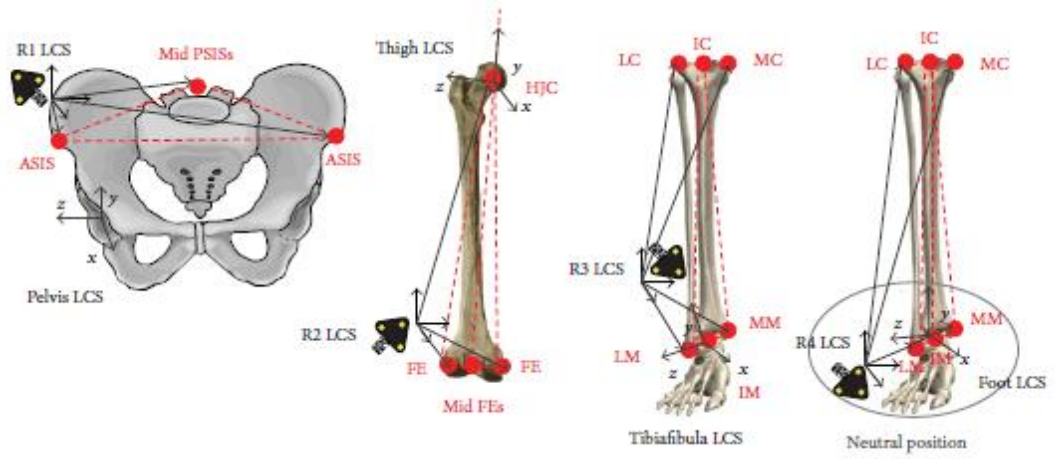
- na petoj metatarzalnoj kosti,
- na donjoj trećini goljenične kosti,
- na donjoj trećini natkoljenične kosti,
- iznad spina iliaca superior anterior.

Virtualni markeri (Slika - crni krugovi) postavljaju se:

- na lateralnom i medijalnom malleolu gležnja,
- na lateralnom i medijalnom epikondilu koljena,
- na spina iliaca superior anterior.

HH markeri (Slika - crveni krugovi) se postavljaju:

- na petoj metatarzalnoj kosti, lateralnom malleolu,
- lateralnom dijelu sredine fibule,
- prvoj trećini lateralne strane natkoljenice,
- na spina iliaca superior anterior te na akromionu,
- cervikalnom sedmom kralješku.



Slika 34 - Zglobne koordinate koje se dobiju protokolom 6-modelnog stupnja slobode

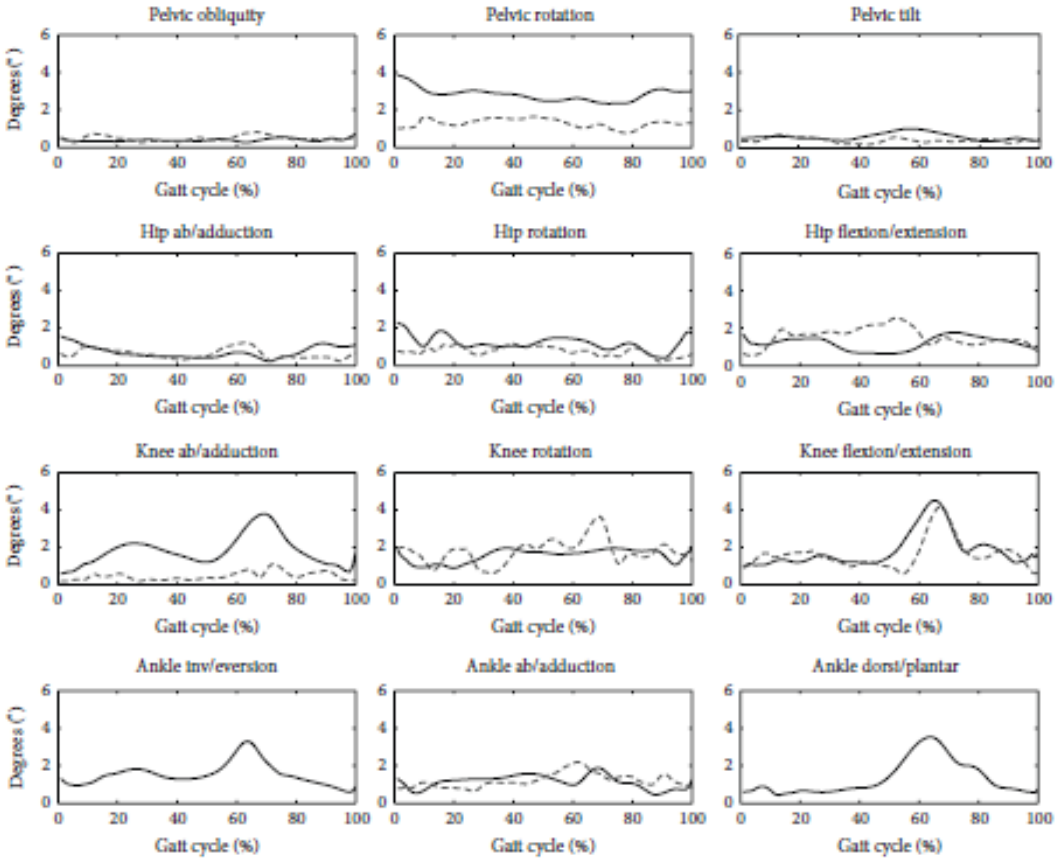
(Żuk, M., & Pezowicz, C. (2015). Kinematic Analysis of a Six-Degrees-of-Freedom Model Based on ISB Recommendation: A Repeatability Analysis and Comparison with Conventional Gait Model)

Protokol hoda se izvodio na način da su ispitanici hodali bosonogi po željenom tempu, te su temeljem hoda izabrana 3 ciklusa hoda koji su bili dobre kvalitete po pitanju postavljenih markera.

Protokol je sniman sa 6 infracrvenih kamera i podaci su analizirani programom BTS Smart Analyzer.

Kinematički izlazni parametri (Slika) su kutne brzine mjerene i analizirane pri ciklusima hoda:

- Zdjelica - nagib i rotacija,
- Kukovi - fleksija i ekstenzija, abdukcija i adukcija, rotacija,
- Koljena - fleksija i ekstenzija, varus i valgus, rotacija,
- Gležanj - dorzalna i plantarna fleksija, inverzija i everzija, abdukcija i adukcija.



Slika 35. - Izlazni kinematički parametri (Żuk, M., & Pezowicz, C. (2015). Kinematic Analysis of a Six-Degrees-of-Freedom Model Based on ISB Recommendation: A Repeatability Analysis and Comparison with Conventional Gait Model)

12. ZAKLJUČAK

Analiza hoda je od svojih početaka pronašla važno mjesto u biomehanici, što je omogućilo njezin daljni razvoj. Kako je već rečeno hod je jedna od primarnih fumkcija čovjekovog lokomotornog sustava.

Provodi se veliki broj istraživanja i izrađuju sustavi koji mogu na što efikasniji način analizirati hod. U analizi protokola uvidjeli smo kako postoji više načina i pristupa analizi hoda.

Biomehanika kao znanost ima primarnu funkciju u poboljšanju sportske izvedbe i sportskih postignuća. Velik broj ozljeda može se spriječiti kvalitetnom biomehaničkom analizom. S druge strane kako je hod primarna čovjekova funkcija i omogućava mu prelazak s jednog do drugog mjesta, te je prepoznata važnost i pravilna izvedba.

U protkolima koji su opisani prikazani su različiti načini postavljanja markacija i analizirali su se najbitniji segmetni čovjekova tijela koje koristimo u prostoru i njihov međusobni odnos. Različite ozljede ili neurološki problemi mogu narušiti pravilnu izvedbu hoda i njegova analiza u postupku rehabilitacije ima bitnu ulogu osobito ako se radi o sportskim ozlijedama gdje je sportašu bitan svaki korak rehabilitacije.

Hod je bitno analizirati na početku i kraju svakog rehabilitacijskog pomoću osnovnih parametara u hodu možemo samo nadograditi daljnu progresivnost rehabilitacijskog postupka.

S druge strane imamo najosjetljiviju skupinu koju čine djeca gdje razlličite malformacije mogu dovesti do nepravilnog obrasca hoda, te je jako bitno što prije pristupiti analizi hoda kako bi se otrkile bilo kakve nepravilnosti i pristupilo se reedukaciji.

13. LITERATURA

Burnfield, J. M., & Powers, C. M. (2006). Normal and pathologic gait.*Orthopaedic physical therapy secrets*.

Chapman, A. E. (2008). *Biomechanical analysis of fundamental human movements.* Champain,IL: Human Kinetics.

Dartfish (2014). *Gait analysis protocol.* Preuzeto 20. rujna 2015. sa: http://blog.dartfish.com/en/gaitanalysisprotocol/

Đurić-Jovičić M. (2012). *Metode analize signala sa inercijalnih senzora za analizu hoda pacijenata sa oštećenim obrascem hoda*. Beograd: Elektronički fakultet.

FER. *Analiza kretanja čovjeka.* Preuzeto 15. rujna 2015. sa: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Tonkovic,KDI.pdf

Ferrari, A. (2009). *Technical innovations for the diagnosis and the rehabilitation of motor and perceptive impairments of the child with Cerebral Palsy*. MEDICAL & BIOLOGICAL ENGINEERING. DOI : 10.1007/s11517-009-0545

Heimer, Ž., (2005). *Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda* (magistarski rad), Zagreb: Fakultet elektrotehnike i računarstva

Kasović, M. (2004). *Nova metoda biomehaničkog testiranja dinamičke stabilnosti koljenog zgloba* (doktorska disertacija). Zagreb: Kineziološki fakultet.

Kovač, S. (2010). *Biomehanika u Kineziologiji*. Sarajevo: FASTO, UNSA

Leardini A., Sawacha Z., Paolini G., Ingrosso S., Nativo R. & Benedetti M. G. (2007). *A new anatomically based protocol for gait analysis in children*. Gait & posture, 26 (4), 560-571.

Matic, A. V., Ristic, B., Devedzic, G., Filipovic, N., Petrovic, S., Mijailovic, N., & Cukovic, S. (2012*). Gait analysis in patients with chronic anterior cruicate ligament injury*. Serbian Journal of Experimental and Clinical Research, 13(2).

Medved, V., & Kasović, M. (2007). *Biomehanička analiza ljudskog kretanja u funkciji sportske traumatologije. Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 22(1), 40-47.

Mock, M., & Sweeting, K. (2007). *Gait and posture-assessment in general practice. Australian family physician*, 36(6), 398.

Naglić, M. (2013). *Mjerenje ljudskog gibanja* (Doktorska disertacija), Fakultet strojarstva i brodogradnje).

Nikolić V., Hudec M.i suradnici (2010). *Principi biomehanike*. Zagreb: Naklada Ljevak.

Riley, P. O., Dicharry, J., Franz, J. A. S. O. N., Croce, U. D., Wilder, R. P., & Kerrigan, D. C. (2008). *A kinematics and kinetic comparison of overground and treadmill running*. Medicine and Science in Sports and Exercise, 40(6), 1093.

Rose, J., & Gamble, J. G. (Eds.). (2006). *Human walking*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Żuk, M., & Pezowicz, C. (2015). *Kinematic Analysis of a Six-Degrees-of-Freedom Model Based on ISB Recommendation: A Repeatability Analysis and Comparison with Conventional Gait Model. Applied Bionics and Biomechanics*, Applied Bionics and Biomechanics,Volume 2015 (2015), Article ID 503713, 9 pages

14. SLIKE

Slika 1 : (Heimer, Ž., (2005). *Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda*)

Slika 2 : (Heimer, Ž., (2005). *Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda*)

Slika 3 : Heimer, Ž., (2005*). Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda*)

Slika 4 : http://www.oandp.org/jpo/library/images/1997_01_010/9110f5.gif preuzeto: 12.9.2015

Slika 5 : http://seecolombia.travel/blog/wp-content/uploads/2013/05/the-human-gait-662x250.jpg preuzeto:12.9.2015

Slika 6 : :http://www.hdfrm.com/edukacija/normalan-hod.pdf, preuzeto:12.9.2015

Slika 7: Heimer, Ž., (2005). *Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda*
http://www.functionalneurology.com/materiale_cic/19_XVII_4/76_gait%20analysis/galli_fig.2.jpg , preuzeto: 12,9,2015

Slika 8 : Medved, V., & Kasović, M. (2007). *Biomehanička analiza ljudskog kretanja u funkciji sportske traumatologije*

Slika 9:
http://www.functionalneurology.com/materiale_cic/19_XVII_4/76_gait%20analysis/galli_fig.2.jpg, preuzeto:12.9:2015

Slika 10: Heimer, Ž., (2005). *Automatizirano kliničko mjerenje biomehanike i kineziologije hoda*

Slika 11: Ferrari, A. (2010). *Technical innovations for the diagnosis and the rehabilitation of motor and perceptive impairments of the child with Cerebral Palsy*

Slika 12: Ferrari, A. (2010). *Technical innovations for the diagnosis and the rehabilitation of motor and perceptive impairments of the child with Cerebral Palsy*

Slika 13: http://hmrc.engineering.queensu.ca/HMRL/equipment/images/DSC_0607.JPG preuzeto:12.9.15

Slika 14: Đurić-Jovičić M. (2012). *Metode analize signala sa inercijalnih senzora za analizu hoda pacijenata sa oštećenim obrascem hoda*

Slika 15: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 16: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 17:

Slika 18: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 19: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 20: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 21: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 22: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 23: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 24: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 25: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 26: Dartfish (2014) – Gait analysis system

Slika 27: Matic, A. V., Ristic, B., Devedzic, G., Filipovic, N., Petrovic, S., Mijailovic, N., & Cukovic, S. (2012*). Gait analysis in patients with chronic anterior cruicate ligament injury*

Slika 28: Matic, A. V., Ristic, B., Devedzic, G., Filipovic, N., Petrovic, S., Mijailovic, N., & Cukovic, S. (2012*). Gait analysis in patients with chronic anterior cruicate ligament injury*

Slika 29: Matic, A. V., Ristic, B., Devedzic, G., Filipovic, N., Petrovic, S., Mijailovic, N., & Cukovic, S. (2012*). Gait analysis in patients with chronic anterior cruicate ligament injury*

Slika 30: Leardini i dr. (2007). *A new anatomically based protocol for gait analysis in children*

Slika 31: Leardini i dr. (2007). *A new anatomically based protocol for gait analysis in children*

Slika 32: Leardini i dr. (2007). *A new anatomically based protocol for gait analysis in children*

Slika 33: Żuk, M., & Pezowicz, C. (2015). *Kinematic Analysis of a Six-Degrees-of-Freedom Model Based on ISB Recommendation: A Repeatability Analysis and Comparison with Conventional Gait Model*

Slika 34: Żuk, M., & Pezowicz, C. (2015). *Kinematic Analysis of a Six-Degrees-of-Freedom Model Based on ISB Recommendation: A Repeatability Analysis and Comparison with Conventional Gait Model*

Slika 35: Żuk, M., & Pezowicz, C. (2015). *Kinematic Analysis of a Six-Degrees-of-Freedom Model Based on ISB Recommendation: A Repeatability Analysis and Comparison with Conventional Gait Model*