

# Fizioterapijska procjena hoda

---

**Uzelac, Ante**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split / Sveučilište u Splitu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:176:300374>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-16**



Sveučilišni odjel zdravstvenih studija  
SVEUČILIŠTE U SPLITU

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University Department for Health Studies, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

FIZIOTERAPIJA

**Ante Uzelac**

**FIZIOTERAPIJSKA PROCJENA HODA**

**Završni rad**

Mentor:

**mr.sc. Asja Tukić, dr.med**

Split, 2015.g.

## UVOD

Hod je jedna od najvažnijih čovjekovih karakteristika, koja ga izdvaja i daje mu nadmoć nad ostalim bićima. Evolucija čovjekova hoda se događala postepeno, prateći promjene klime i ekosustava. Dijete od najranije dobi mora naučiti kontrolirati određene pokrete i svladati obrasce kako bi razvilo pravilan hod. Ljudski lokomotorni sustav je prilagođen hodu i zbog toga se mnogi poremećaji lokomotornog sustava očituju na hodu, stoga smatram procjenu hoda jednom od najvažnijih u fizioterapiji i to je razlog zbog kojeg sam odabrao ovu temu. Sama definicija hoda podrazumijeva niz naizmjeničnih koordiniranih pokreta trupa i ekstremiteta kako bi se savladale pojedine sile i omogućilo tijelu kretanje kroz prostor. Ciklus hoda možemo rastaviti u dvije faze, fazu oslonca i fazu njihanja koje zasebno imaju nekoliko podfaza. Tijekom svih navedenih faza u hodu sudjeluju određene skupine mišića koji svojom aktivacijom i inaktivacijom pokreću tijelo. Važnu ulogu igraju zglobovi, napose zglob kuka, koljena i gležnja, koji održavaju stabilnost i pravilnu izvedbu pokreta, a čijim oštećenjima nastaju brojni patološki obrasci. Procjena hoda sadržava brojne metode od kojih izdvajam opservaciju i suvremene metode analize hoda. Opservacijom sagledavamo hod čovjeka kroz sve ravnine i uočavamo potencijalne nepravilnosti, a suvremenim metodama možemo zorno prikazati čovjekov hod u prostoru, njegove parametre i odrediti stupanj aktivnosti mišića čiju aktivaciju želimo detaljno analizirati. Oštećenjima raznih etiologija nastaju kompenzatorni mehanizmi koji daju sliku patološkog hoda.

## 1. CILJ RADA

Jedna od najvažnijih procjena u fizioterapiji je procjena hoda. Cilj ovog rada je opisati hod kao najvrjedniji i najsloženiji čovjekov pokret u njegovom normalnom obliku, ponuditi i sažeti metode procjene hoda koje se mogu koristiti u fizioterapiji i navesti patološke obrasce hoda koji su obavezni za znanje i razumijevanje svih patoloških procesa koji mogu utjecati na hod.

Opisati ću evolucijski razvoj čovjeka do pojave bipedalizma i njegove karakteristike, nadalje prikazat ću razvoj čovjekova hoda od dječje dobi do starosti i kako naučeni obrasci kretanja i držanja tijela u ranom dobu djetinjstva uvjetuju način hoda kroz život.

Prikazati ću ciklus hoda kroz njegove faze, biomehaniku mišića i važnost pojedinih zglobova u kretanju.

Pomoću opservacije i suvremenih metoda biti će prikazana analiza hoda.

Navesti ću glavne patološke probleme koji dovode do promijenjenih obrazaca kretanja i kompenzatorne mehanizme koji se javljaju uslijed tih problema.

Pomoću tablica i slikovnih prikaza pojednostavnit ću razumijevanje pojedinih ulomaka naglasivši najvažnije podatke.

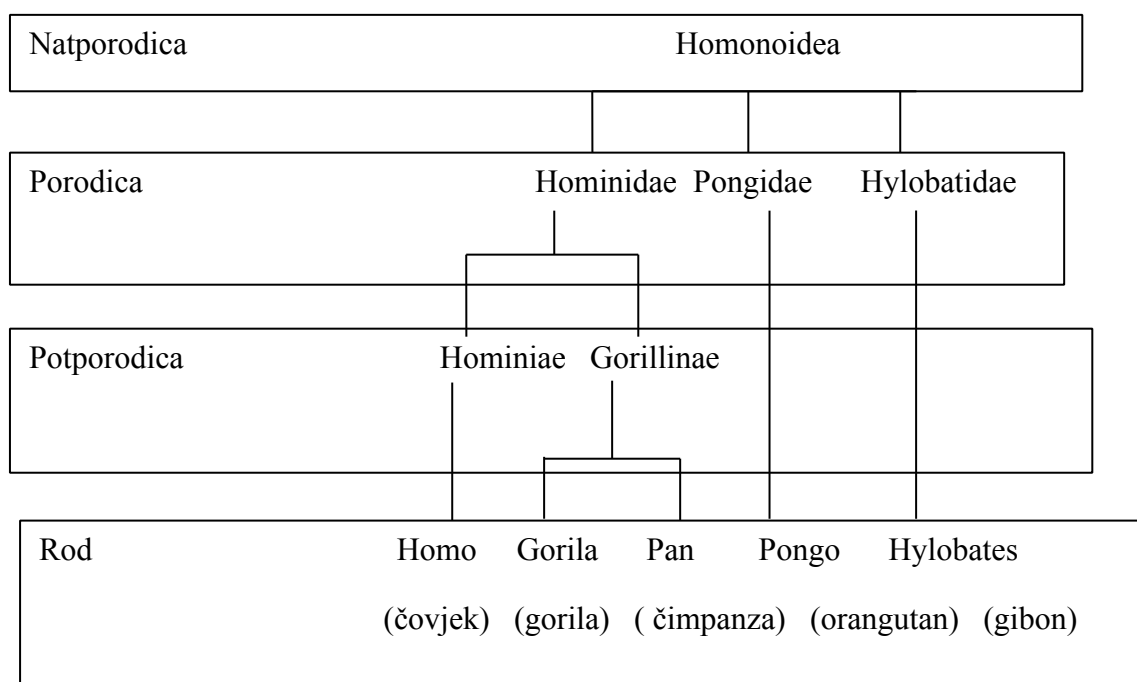
Svrha mog rada je prikazati detaljnu analizu hoda, razmotriti hod iz svih kutova te zapravo ponuditi kompletnu sliku procjene hoda koja će poslužiti kao vrijedan izvor.

## 2.RAZVOJ ČOVJEKOVA HODA I NJEGOVE KARAKTERISTIKE

### 2.1. EVOLUCIJSKI RAZVOJ BIPEDALIZMA

Evolucija hominida počela je razvojem bipedalnog hoda prije 60 milijuna godina, što nas je razlikovalo od ostalih primata. Iako mišljenja oko ovog pitanja ostaju podijeljena, među mnogima ostaje uvjerenje da je glavna razlika između hominida i drugih antropomorfnih predaka čovjeka upravo povećana upotreba bipedalnoga hoda u kretanju.

Porodica hominida (Homonidae) obuhvaća vrstu Homo Sapiens i sve njegove bliske živuće ili izumrle srodnike. Istraživanja o evoluciji hominida započela su objavom Darwinova djela „Podrijetlo čovjeka“, 1871.g, te knjige Thomasa Henrya Huxleya „Evidences as to Man's Place in Nature, 1863.g. Oba su autora koristila embriološka i anatomska znanja toga doba, poznatu homologiju između čovjeka i ostalih primata, kao i čovjeka i ostalih sisavaca.



**Tablica 1.** *Klasifikacija natporodice Hominoidea, temeljena na trenutnim molekularnim i morfološkim podacima. Temeljeno na shemi iz (Lewis, Foley, 2004.)*

Dosadašnja istraživanja i analize fosilnih nalaza pokazuju da je u ranih hominida došlo do pojave bipedalizma, (polu) uspravnog kretanja na dvije stražnje noge. Pretpostavlja se da je u svojoj osnovi sličan način kretanja razvijen još u ranih primata koji su živjeli u tropskim šumama prije nego što je došlo do promjene klime u sjevernoj i istočnoj Africi. Jedna od teorija govori o marginaliziranoj grupi jedinki koje su zbog prevelike populacije bile prisiljene djelomično promijeniti stanište, što je dovelo do češćeg silaska na tlo, a time i promjena u anatomiji i ponašanju. Iako te jedinke nisu hodale uspravno, moguće je da su hodale na dvije noge, možda i pridržavajući se za niske grane stabala.

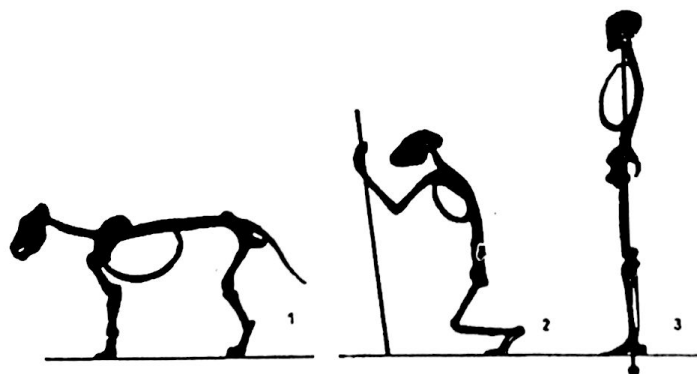
Tijekom razvoja bipedalizma moralo je doći i do određenih anatomskih prilagodbi, promjena građe i rasporeda kostiju i mišića, kao što je promjena građe stopala.

Bipedalizam nije pojava svojstvena samo čovjeku jer se javlja i u drugih vrsta, npr. u čimpanze, ali radi se o drukčijoj vrsti hoda. Tako čimpanze ne mogu flektirati nogu u koljenu, dok je čovjek može i stabilizirati i održati u tom položaju prilikom hoda, stoga je čimpanzama za istu radnju (bipedalni hod) potrebna mnogo veća mišićna snaga.

Nadalje, čimpanze se tijekom bipedalnog hoda ljuljaju s jedne na drugu stranu kako bi osigurale ravnotežu u hodu, dok čovjeka u hodu stabiliziraju glutealni mišići- m.gluteus maximus koji kontrakcijom osigurava da se težina pri hodu prebacuje na ispruženu nogu i m.gluteus medius, te m.gluteus minimus koji povezuju femur i zdjelicu i kontrakcijom sprječavaju da se čovjek u hodu sruši postrance. Usporedbom kostiju noge i kuka u čovjekolikih majmuna , fosila Australopithecus afarensis i čovjeka, jasno se vidi da je došlo do promjena. Kut valgusa osnova je za bipedarno kretanje. U čovjeka taj kut omogućuje da stopala budu smještena ravno ispod centra gravitacije tijekom koračanja, dok kod čovjekolikog majmuna taj kut ne postoji ili je vrlo malen, stoga se životinje pri bipedalom kretanju gegaju. Odvajanjem prednjih, odnosno gornjih ekstremiteta površina oslonca se smanjila, a težište tijela značajno se podiglo. Time je kut sigurnosti izrazito smanjen, pa su uvjeti za održavanje ravnoteže postali mnogo složeniji, ne samo s mehaničkog aspekta nego i s anatomskog, jer je logično da se neki anatomski segmenti tijela nisu mogli tako brzo prilagoditi novim međusobnim odnosima. Prijelaz od četveronožnog do uspravnog stava bio je dugotrajan i mukotrpan

put u razvoju čovječeje jedinke. U svim fazama prijelaza u dvonožni položaj bio je karakterističan pognuti stav. Ekstenzijska amplituda bedrene kosti sa zdjelicom u zglobu kuka nije bila dovoljna da bi se zdjelica i bedrena kost mogle dovesti u odnos kakav je u današnjeg čovjeka. Ta je amplituda bila manja, tako da je kratkoćom mišića pregibača u zglobovima kuka s prednje strane uvjetovana polufleksija. Fleksija u zglobu zdjelice s femurom izazivala je pomicanje težišta tijela naprijed, u smjeru nagiba gornjeg dijela tijela, što znači gubitak ravnotežnog položaja, jer se težište tijela, uslijed pomicanja najvećih masa tijela naprijed, našlo ispred površine oslonca. Za održanje ravnotežnog položaja izvršena je neophodna kompenzacija, gornji dio tijela pomaknut je prema natrag. Kako se to pomicanje nije moglo ostvariti u zglobu kuka, izvršeno je tamo gdje je bilo moguće, u zglobovima koljena. Fleksijom u koljenima, koja je postojala i u četveronožnoj konstituciji, pomaknut je gornji dio tijela s oba bedra prema natrag, tako da je težište tijela održano iznad površine oslonca. Uspravljanje čovječjeg tijela izvršeno je oko poprečnih osovina koje prolaze kroz tri velika zgloba nogu koji ekstenziraju zglob kuka (art.coxae), zglob koljena (art.genus), gornji nožni zglob (art.talocruralis). U zglobu kuka prisutna je tendencija retrofleksije, u koljenom zglobu tendencija hiperekstenzije odnosno antefleksije, a u gornjem nožnom zglobu potkoljenica je sklona naginjanju prema naprijed, što je gibanje istovjetno dorzalnoj fleksiji stopala. Potrebno uspravljanje izvodi mišićni lanac koji čine tri jaka ekstenzora, i to m.gluteus maximus, m.quadriceps femoris i m.triceps surae. U zglobu kuka djeluju i stražnji mišići natkoljenice. Pored ovih mišića uspravan stav trupa osigurava zajednička uravnotežena aktivnost mišića meke trbušne stijenke (osim m.transversus abdominis) na jednoj strani i leđne muskulature na drugoj strani. Zglob kuka je sa svih strana okružen i osiguran snažnim ligamentima i mišićima koji povećavaju njegovu stabilnost, ali znatno umanjuju gibljivost. Takav je položaj osiguravao ravnotežu, ali ga je trebalo održavati mišićnim kontrakcijama, pa je bio naporan. Naime donji ekstremiteti koji su odvajanjem prednjih ekstremiteta od podloge preuzeli težinu cijelog tijela, što je značilo najmanje dva puta povećano opterećenje, nisu bili osposobljeni za povećan napor. Osim toga, takav položaj bio je pognut, tj. direktna rastojanja napadnih crta sile teže u odnosu na cijelo tijelo i pojedine centre oslonca bila su velika. Budući da je došlo do narušavanja antropoloških struktura, pojedini dijelovi tijela bili su masivni zbog potrebe za čvrstim kostima i snažnim mišićima, a obrtni momenti sile gravitacije bili su veliki. Tim

momentima sile gravitacije morali su se suprotstaviti mišići opružači (u zglobovima potiljka, kuka i koljena) statičkim mišićnim naprežanjem. Ponekad je taj umor nastao pri pognutom stavu izazvao i oslanjanje na gornje ekstremitete (u ranoj fazi razvoja), što je u prvoj fazi prelaska na uspravnu konstituciju bilo omogućeno zbog još uvijek dugih gornjih a kratkih donjih ekstremiteta i zbog jače pognutosti. Povremeno oslanjanje na prednje ekstremitete u fazi prijelaza na uspravni način hodanja bilo je sasvim moguće mehanički i anatomski, pa je vjerojatno i primjenjivano jer se tako moglo uštedjeti mnogo energetske rezerve koje se u borbi za opstanak nisu smjele neracionalno trošiti. Takav neracionalan položaj nije se mogao održati zbog životnih uvjeta koji su diktirali pronalaženje najekonomičnijeg položaja, što je u konačnici rezultiralo uspravljanjem tijela. Ta su uspravna bića imala pregled okoliša, što im je osiguralo dobro snalaženje u prirodi. Slobodnim rukama mogla su već dohvatiti, pregledati i upotrijebiti različite predmete iz okoline bez obzira da li su to izvodila u kretanju ili stojeći. Boljom upotrebom ruke s vrlo gibljivim palcem razvile su se složenije i kompleksnije kinetičke strukture uz istovremeni razvoj mozga. To je tim bićima dalo izrazitu selekcijsku prednost pred drugim skupinama, vrstama i populacijama



**Slika 1.** Karakteristične morfološke transformacije tijela pri prijelazu iz četveronožnog položaja i gibanja u dvonožni položaj i gibanje (prema Mollieru, 1938.)  
1 četveronožni, 2 prijelazni dvonožni, 3 normalni uspravni položaj tijela  
(preuzeto iz: Černauš N. „Evolucija hominida“, seminarski rad)



## 2.2. RAZVOJ HODA ŽIVOTNOG CIKLUSA ČOVJEKA

Ako promatramo novorođenče možemo mnogo toga naučiti o hodu u odrasloj dobi. Smatra se da dijete uvježbava hodanje čak i dok leži i da je normalan senzomotorički razvoj u bočnom položaju preduvjet za hodanje. Naime dijete u prvoj godini svog života uči kako ostvariti posturalnu kontrolu vrata i glave, ramenog i zdjeličnog obruča te disocira pokrete ramenog i zdjeličnog obruča. Dijete uči selektivnu kontrolu trupa, nauči razliku između lijeve i desne strane trupa, između obrazaca fleksije i ekstenzije, između osjeta opterećenja i rasterećenja. Sve ove vještine odrasle osobe koriste pri hodu. Uspravan stav, glava usmjerena ravno ispred, kontrarotacije ramenog i zdjeličnog obruča, naizmjenično pokretanje lijeve odnosno desne strane tijela. Dijete prvi puta stane na noge oko 11-12. mjeseca, hoda uz pridržavanje za jednu ruku ili predmete. Dijete dotiče podlogu ravnih stopala, lukovi još nisu formirani, održava široko bazu oslonca s rukama visoko podignutima zbog lakšeg održavanja ravnoteže. Kod djeteta možemo primijetiti internu rotaciju kukova. Ona je prisutna jer dijete ima veći kut torzije femura (anteverzija) od odraslog prosjeka koji kod prosječnog Europljanina iznosi  $12^\circ$ , te se intrauterino povećava, a nakon rođenja se smanjuje. U drugoj godini života kod djeteta se javlja udarac petom i prva fleksija koljena, dolazi do recipročnih kretnji ruku i nogu, smanjuju se vanjska rotacija i baza oslonca. Iako se u starijoj dobi parametri ne mijenjaju tolikim intenzitetom kao kod djece, ipak predstavljaju promjene koje se trebaju pomno pratiti. Kod zdravih, starijih osoba iznad 60 godine brzina pada za 3-11%, povećava se period dvostrukog oslonca, koji osigurava bolju stabilnost, smanjuje se dužina koraka (smanjenjem opsega pokreta u zglobu). Također starije osobe češće ubrzavaju hod brojem koraka a ne dužinom koraka.

## 2.3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE NORMALNOG HODA

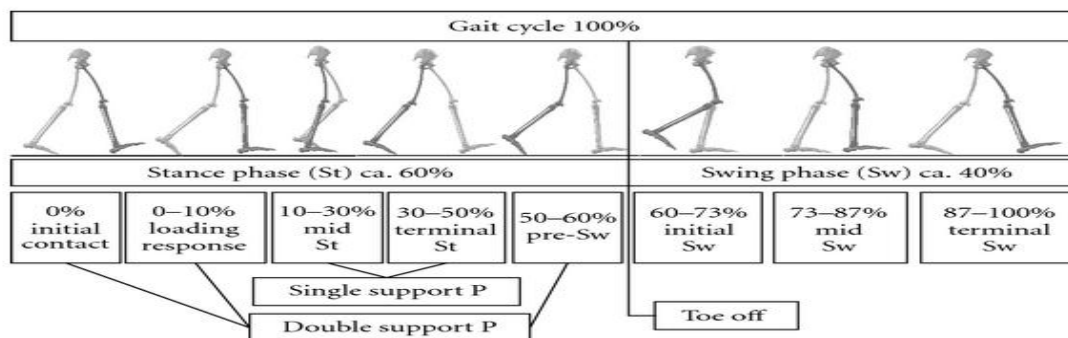
### 2.3.1. CIKLUS HODA

Hod predstavlja složenu prirodnu cikličku aktivnost. To je najčešći i najbolje proučeni vid kretanja. Omogućava premještanje tijela s jednog mjesta na drugo. Hod se može definirati kao naizmjenično kretanje donjih ekstremiteta zahvaljujući čemu se tijelo kreće po podlozi ili kretanje po podlozi kroz prostor s izmjenjivanjem jednostrukog i dvostrukog oslonca.

Početni položaj je ležeran uspravan stav pa se takav način hoda zove prirodan ili normalan hod. Hod spada u cikličke pokrete i kod njega se ciklički izmjenjuju faze koje se nastavljaju jedna na drugu i završni dio prethodne je početni dio slijedeće. Za hod je karakteristično da se faza oslonca na obje noge izmjenjuje s fazom oslonca na jednu nogu, koja je jednom slobodna viseća noga a drugi put noga na koju se oslanjamo. To je niz koraka koji slijede jedan za drugim.

Ciklus hoda se sastoji od :

1. Faza oslonca za svaku nogu
2. Faza njihanja za svaku nogu
3. Faza dvostrukog oslonca



**Slika 2.** Hod se sastoji od faze oslonca koja čini 60% ciklusa i faza njihanja koja čini 40% ciklusa hoda

(preuzeto iz: [www.jeios.com/kinematics](http://www.jeios.com/kinematics))

Faza oslonca ima pet podfaza i čini 60% ciklusa hoda.

1. Početni kontakt- prenošenje težine na jedno stopalo



**Slika 3.**

2. Dvostruki oslonac- prijenos težišta naprijed i apsorpcija šoka generiranog od pete o podlogu. Ova podfaza prethodi minifazi u kojoj suprotna noga razvija inicijalno njihanje (7% ciklusa hoda)



***Slika 4.***

3. Međufaza-stojeća noga drži kompletnu težinu tijela. Minifaza, u kojoj se odiže peta stojeće noge s podloge, spaja treću i četvrtu podfazu (32% ciklusa hoda)



***Slika 5.***

4. Završna faza u kojoj noga pod opterećenjem prebacuje težinu na drugu stranu tijela (50% ciklusa hoda)



***Slika 6.***

5. Faza predrotacije u kojoj se opterećena noga priprema za fazu njihanja



***Slika 7.***

Faza njihanja ima tri podfaze i čini 40% ciklusa hoda

1. Početno njihanje- nema kontakta s tlom i dolazi do fleksije koljena i dorzifleksije stopala



***Slika 8.***

2. Međunjihanje- slobodna noga prolazi kraj opterećene noge



***Slika 9.***

3. Terminalno njihanje- usporavanje brzine noge, deceleracija m.quadriceps kontrolira ekstenziju koljena, a ekstenzori kuka fleksiju kuka.



*Slika 10.*

CLASSIC GAIT TERMINOLOGY:	Heel Strike	Foot Flat	Midstance	Heel Off	Toe-Off	Acceleration	Midswing	Deceleration
Rancho Los Amigos Terms NEW TERMINOLOGY	INITIAL CONTACT	LOADING RESPONSE	MID STANCE	TERMINAL STANCE	PRE-SWING	INITIAL SWING	MID SWING	TERMINAL SWING
	STANCE PHASE 60%					SWING PHASE 40%		
% OF TOTAL PHASE	0-2%	0-10%	10-30%	30-50%	50-60%	60-73%	73-87%	87-100%
ILOPSOAS	inactive	inactive	inactive	concentric	concentric	concentric	concentric	inactive
GLUTEUS MAXIMUS	eccentric	inactive	inactive	inactive	inactive	inactive	inactive	inactive
GLUTEUS MEDIUS	eccentric	eccentric	eccentric	eccentric	inactive	inactive	inactive	inactive
HAMSTRINGS	eccentric	eccentric	inactive	inactive	inactive	eccentric	eccentric	eccentric
QUADRICEPS	eccentric	eccentric	inactive	inactive	eccentric	eccentric	inactive	inactive
PRETIBIAL MUSCLES	eccentric	eccentric	inactive	inactive	inactive	concentric	concentric	concentric
CALF MUSCLES	inactive	inactive	eccentric	concentric	concentric	inactive	inactive	inactive

KEY:

INACTIVE

CONCENTRIC

ECCENTRIC

*Slika 11. Aktivnost mišića tijekom svake faze ciklusa hoda*

*(preuzeto iz: www.major/muslce/activity/during/gai/tcycle)*

## 2.3.2. PARAMETRI HODA I ČUVANJE ENERGIJE

### 2.3.2.1. CENTAR GRAVITACIJE

Centar gravitacije nalazi se 5 cm ispred drugog sakralnog kralješka, no koje se stalno premješta vertikalno i horizontalno zbog uspostavljanja ravnoteže. Ukoliko se radi o dvostrukom osloncu, centar gravitacije pada između dva stopala, a tijekom oslonca na jednoj nozi, centar gravitacije se nalazi iza a zatim ispred opterećene noge.

### 2.3.2.2. PROSTORNI PARAMETRI

Duljina koraka je razmak između kontaktnih točaka suprotnih nogu. Normalna dužina je 35-41 cm. Treba biti ista dužina na obje noge, koja varira prema spolu, dobi i umoru. Osobe višeg rasta u pravilu imaju duži korak. Površina oslonaca je razmak između stopala koji iznosi 5-10 cm. Širenje baze oslonca je važno za balansiranje. Duljinu dvokoraka definiramo kao duljinu između ipsilateralne pete do slijedeće ipsilateralne pete, koja iznosi 140-170cm.

### 2.3.2.3. VREMENSKI PARAMETRI

Vrijeme koraka je razdoblje od inicijalnog kontakta jedne noge do inicijalnog kontakta druge noge, a vrijeme dvokoraka predstavlja razdoblje koje je prošlo od inicijalnog kontakta jedne noge do ponovnog inicijalnog kontakta te noge. Frekvencija hoda predstavlja broj koraka desne i lijeve noge u minuti, te iznosi 116 koraka. Prosječna brzina hoda iznosi 82 metara u minuti. Brzinu hoda u metrima u sekundi možemo izračunati pomoću slijedećih formula.

Brzina (m/s)= dužina dvokoraka\*frekvencija/120

Brzina (m/s)=dužina dvokoraka\*vrijeme jednog ciklusa hoda

### 2.3.2.4. OSCILACIJE I ROTACIJE ZDJELICE



Zdjelica pri hodanju ima presudnu ulogu jer predstavlja središnjicu sustava otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca između potporne noge i njišuće noge. Omogućava gibanja u frontalnoj, sagitalnoj i transverzalnoj ravnini.

#### 1. **Transverzalne oscilacije:**

Izvode se oko vertikalne osi, prisutne pri prijelazu iz dvostrukog u jednostruki oslonac. Pritom je položaj zdjelice najniži a zatim se diže uvis tako da doseže najvišu točku pri odupiranju jednom nogom i u trenutku kad je noseća noga okomita na površinu oslonca. Težište glave, trupa i zdjelice opisuju valne crte zbog vertikalnih oscilacija (4-6 cm). Oscilacije zdjelice nisu tako velike zbog kompenzatornih gibanje trupa i glave.

#### 2. **Frontalne oscilacije:**

Izvode se oko sagitalne osi a zamjećuju se promatranjem tijela anteriorno ili posteriorno. U trenutku dvostrukog oslonca zdjelica je iznad crte hoda, zatim se pomiče na stranu noge u odupiranju. Pomicanja su najizraženija kada je odupiruća noga potpuno okomita (2-2,5 cm).

#### 3. **Rotiranje oko vertikalne osovine oko 8° (svaka noga oko 4°):**

Najveći pokret u fazi dvostrukog oslonca. Zdjelica se rotira prema zadnjoj nozi, na primjer ako je desno stopalo naprijed zdjelica se rotira ulijevo i kod izmjene noge zdjelica se rotira udesno. Tijekom jednog ciklusa zdjelica rotira dva puta.

#### 4. **Sagitalne oscilacije:**

Izvode se oko frontalne osi, a zamjećuju se na lijevoj i desnoj strani. U dvostrukom osloncu spina iliaca anterior superior prednje noge pomaknuta je naprijed, a oscilacije počinju prijelazom na jednostruki oslonac. Tada dolazi do pomicanja zdjelice prema naprijed na strani noge koja je njišuća. Zdjelice postaju izjednačene u odnosu na smjer

gibanja kada odupiruća noga dostigne okomit položaj. Dalje se nastavlja pomicanje zdjelice na strani njišuće noge do faze dvostrukog oslonca.

Sve četiri vrste pokreta događaju se zbog promjene položaja zdjelice prema natkoljenici, jer je na natkoljenici fiksno hvatište. Kinetički lanac hoda čini otvoreni kinetički lanac koga čini čitavo tijelo. Svi pokreti zdjelice imaju kompenzatorne pokrete gornjih segmenata kako bi kontrolirali nestabilnu ravnotežu s najmanjim utroškom energije.

### 2.2.3.5. POTROŠNJA I OČUVANJE ENERGIJE

Hod kao aktivnost troši energiju, no tijelo pokušava svesti potrošnju energije na minimum, a efikasnost rada na maksimum. Potrošnja energije je direktno povezana s pomakom težišta tijela i s načinom hoda. Naime kod hoda svaka se noga mora pokrenuti, zaustaviti i iznova pokrenuti, a to sve troši energiju. Smisao hoda je da se težište pomiče prema naprijed, no uz anteriorni pomak postoji još lateralni i vertikalni pomak. Oni ne služe nekoj svrsi već su nusprodukt načina hoda. Tijelo kompenzira različitim pokretima raznih zglobova, no težište ipak bježi iz idealne putanje. Energija se štedi i konvertirajući kinetičku energiju u potencijalnu (međufaza-tijelo je na najvišoj razini) i obrnuto (težište se spušta), te pomoću konverzije akumulirane potencijalne elastične energije u kinetičku. Potencijalna elastična energija se akumulira na svim mekim čestim koja posjeduju svojstvo elastičnosti. Bilo kakva patologija hoda utječe na potrošnju energije, bilo zbog remećenja normalnog pomaka težišta kroz prostor. Razna pomagala čija je primarna funkcija da omogućuju samostalno kretanje, također štede energiju kod patološkog hoda jer osiguravaju relativno normalan pomak težišta, no potrošnja energije i s pomagalima raste i od 80% (primjer štace) jer opterećuje dijelove tijela koji pri normalnom hodu nisu opterećeni.

Kod osoba s amputacijama koji hodaju pomoću proteza također raste potrošnja energije, ovisno o visini amputacije, primjerice, osoba s transtibilajnom amputacijom troši oko 25% više energije nego zdrava osoba.

### 2.3.3. BIOMEHANIKA HODA

Biomehanika je grana znanosti koja primjenjuje zakone i principe mehanike na proučavanje i analizu živih organizama (npr. čovjekovog tijela i njegovih dijelova). Drugim riječima biomehanika proučava utjecaj sila na čovjeka i posljedica koje nastaju djelovanjem tih sila (ljudski pokreti, hod, brzina kretanja, ubrzanje, sile u mišićima koje čovjeku omogućuju kretanje).

Hod kao i svaka druga aktivnost podliježe zakonima fizike.

Zakon akcije i reakcije razlaže silu reakcije na tri komponente :

**1. Vertikalnu koja je najveća u dva momenta:**

- Kada peta dodirne podlogu
- Kada je noseća noga pod punim opterećenjem i postoji veliko opterećenje zglobova donjih ekstremiteta

**2. Horizontalnu koja je reakcija podloge u pravcu kretanja:**

- Pozitivnu u fazi zadnjeg odraza stopalom- najbrži dio hoda
- Negativnu u fazi prednjeg odraza stopalom

**3. Horizontalno lateralnu koja nastaje prenošenjem težišta u stranu koje se događa kada je :**

- Noseća noga vertikalno postavljena u fazi jednostrukog oslonca
- Nema je u fazi dvostrukog oslonca

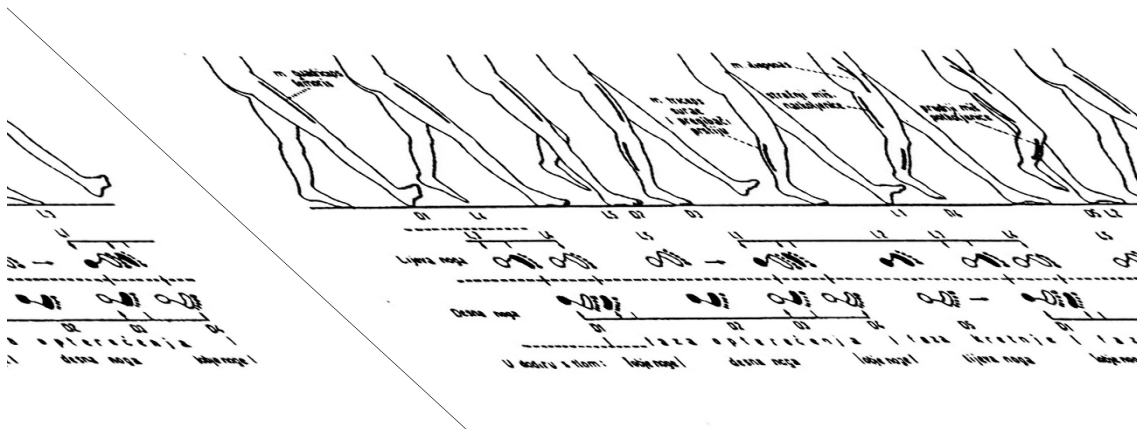
U hodu sudjeluje cijelo tijelo te određene sile:

- **Sila gravitacije-** sila teže je najvažnija vanjska sila u odnosu na rad mišića u prirodnim uvjetima. Ona je jednaka težini onog dijela tijela koje se kreće oko fiksne točke. Mišićno naprezanje potrebno da pokrene težinu poluge neće biti isto, što ovisi od kraka sile teže. Najveće mišićno naprezanje je u položaju odručenja jer je krak sile maksimalan, dok je u položaju priručenja naprezanje

najmanje. Podizanjem segmenta iznad horizontale krak sile se smanjuje a time i mišićno naprezanje.

- **Sila mišićne kontrakcije-** mišići u organizmu djeluju preko koštanih poluga. Jednim dijelom svojih vlakana izazivaju pritisak na zglob, a drugim dijelom omogućuju kretanje. Zbog postojanja fiksne točke u zglobu, djelovanje mišića se razlaže na dvije komponente. Komponenta koja djeluje na centar zgloba naziva se radijalna komponenta, a druga komponenta je okomita na radijalnu komponentu i naziva se tangencijalna komponenta.
- **Sila reakcije površine po kojoj se hoda-** sila trenja se često javlja, a njen krak može biti duži ili kraći te samim time i mišićno naprezanje veće ili manje. Krak sile trenja se računa kao udaljenost težišta od točke rotacije poluge (zgloba) koja vrši taj rad.
- **Sila inercije-** svojstvo koje posjeduju tijela zove se inercija, a manifestira se opiranjem promjeni kretanja i usmjerena je suprotno aktivnoj sili. Na početku hoda je moramo svladati, zatim djeluje u istom pravcu i na kraju je kočenjem moramo zaustaviti.

### 2.3.3.1. ANATOMSKO-FUNKCIONALNI MODEL KINETIČKE STRUKTURE



### *Slika 12. Shematski prikaz hoda*

*(preuzeto iz: „Biomehanika čovječjeg tijela“, M.Dodig, 1994)*

Kinetička struktura kao hodanje poslužila je kao nosilac informacija o anatomsko-funkcionalnom modelu. Osnovna karakteristika hodanja jest ponavljanje gibanja u istim vremenskim i prostornim intervalima. Hodanje može biti rezultat pokretanja dijelova tijela kontrakcijom mišića ili distrakcijom određenih mišićnih grupa koji oslobađaju sile potrebne za uspostavljanje gibanja. Vremenska i prostorna određenost hodanja izražena je nizom povezanih gibanja unutar kojih se opaža odupiranje objema nogama, a zatim samo jednom.

Ti odnosi daju hodu svojstvo kinetičke strukture koja se manifestira kao niz koraka koji slijede jedan za drugim. Gibanje dijelimo na više perioda:

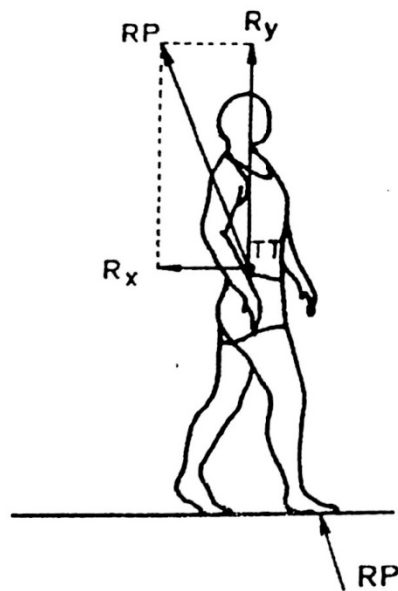
- Period odupiranja objema nogama
- Period odupiranja jednom nogom

Prvi period traje kratko ukoliko se gibanje ubrzava, za razliku od drugog perioda koji je znatno duži. To je opravdano jer se u drugom periodu težina nalazi na jednoj nozi (noga se ponaša kao potporno-matematičko njihalo s točkom rotacije u zglobu stopala), dok se druga noga slobodno prenosi kroz zrak i prebacuje naprijed (noga se ponaša kao viseće-fizikalno njihalo s točkom rotacije u zglobu kuka). Povezanim gibanjem mijenja se položaj nogu, a s njime i funkcija nogu, što je izraženo reciprocitetom odnosa.

Tijekom dvostrukog odupiranja zadnje stopalo se naglo ekstendira kontrakcijom *m.triceps surae* potiskujući nogu naprijed i gore da bi prešla u njihanje, a time započinje period oslonca na jednu nogu. Na taj način zadnja noga iz odupiranja objema nogama postaje noseća dok petom ne dodirne površinu oslonca ispred noseće noge koja je bila prednja. Tako su noge izmijenile položaj a težište tijela pomaklo se naprijed za duljinu izvedenog koraka.

U periodu dvostrukog oslonca okomica spuštена iz težišta tijela pada u projekciju površine između prednjeg i zadnjeg stopala. Odvajanjem zadnjeg stopala od površine oslonca kontrakcijom *m.triceps surae* tijelo je pomaknuto naprijed i gore pri čemu se u tom momentu i pod djelovanjem sile inercije naprijed pomiče i težište mase. To pomicanje usmjereno je iznad a zatim ispred noseće noge do uspostavljanja ravnoteže pri opiranju objema nogama. Težište tijela stalno oscilira u frontalnoj, sagitalnoj i

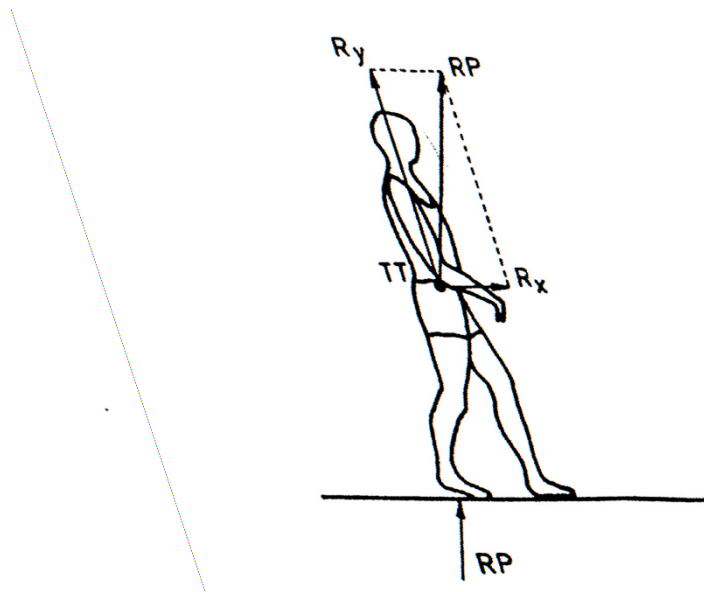
transverzalnoj ravnini i nalazi se u nestabilnoj ravnoteži. Zahvaljujući brzim i koordiniranim gibanjima nogu i težišta tijela ravnoteža ostaje očuvana. Tijekom dvostrukog oslonca uspostavlja se kontakt obaju stopala s podlogom no ne cijelom duljinom. Zadnje stopalo je oslonjeno na prednji dio i prste, dok prednje stopalo dodiruje površinu oslonca petom, potom vanjskim rubom stopala. Tijekom ovog perioda, u prednjoj nozi su aktivni mišići ekstenzori (m.tibialis anterior, m.extensor hallucis longus i m.extensor hallucis brevis). Također je aktivan m.quadriceps femoris koji svojim slabim kontrakcijama sprječava fleksiju koljena i omogućava da kontrakcija mišića (m.biceps femoris, m.semitendinosus, m.semimembranosus, m.gluteus maximus) sprječava veliki nagib zdjelice prema naprijed. Kontaktom prednje noge s čvrstom površinom izaziva se sila reakcije čvrste podloge koja ima isti intenzitet, isti pravac i suprotan smjer od gibanja noge. Djelovanje sile reakcije čvrste podloge usmjereno je od centra odupiranja prednje noge prema centru zgloba kuka iste noge. Razlaganjem sile reakcije čvrste podloge dobije se vertikalna komponenta koja neutralizira gibanje naniže i horizontalna komponenta koja negativno djeluje na željeno gibanje.



**Slika 13.** Prikaz perioda odupiranja s komponentama sile reakcije čvrste podloge:  
RP- sila reakcije čvrste podloge, TT-težište tijela.  $R_y$ -vertikalna komponenta sile reakcije čvrste podloge i  $R_x$ - horizontalna komponenta sile reakcije čvrste podloge  
(preuzeto iz: „Biomehanika čovječjeg tijela“, M.Dodig, 1994)

Period odupiranja jednom nogom određen je položajem jedne noge koja je noseća i druge koja je njišuća. Zadnji dio perioda odupiranja karakterizira odupirajući impuls koji nastaje kao rezultat impulsa mišićne sile usmjerene natrag i dolje te sile reakcije čvrste podloge koja djeluje naprijed i gore.

Sila reakcije čvrste podloge se može predočiti kao horizontalna ( $R_x$ ), usmjerena naprijed i u pravcu željenog gibanja i vertikalna ( $R_y$ ), usmjerena okomito na površinu oslonca.



**Slika 14.** Prikaz perioda zadnjeg odupiranja s komponentama sile reakcije čvrste podloge

*RP- sila reakcija čvrste podloge, TT- težište tijela, Ry- vertikalna komponenta sile reakcije čvrste podloge, Rx- horizontalna komponenta reakcije čvrste podloge (preuzeto iz: „Biomehanika čovječjeg tijela“, M.Dodig, 1994)*

Utjecajem kontrakcije mišića i inercijom težinskih masa tijelo se pomiče naprijed, odupiranje vrši m.triceps surae i pri kraju podiže petu uz pomoć m.peroneus longus, m.peroneus brevis i m.tibialis posterior. Dok quadriceps femoris održava potkoljenicu u ekstenziji, m.gluteus maximus sprječava padanje zdjelice i trupa naprijed.

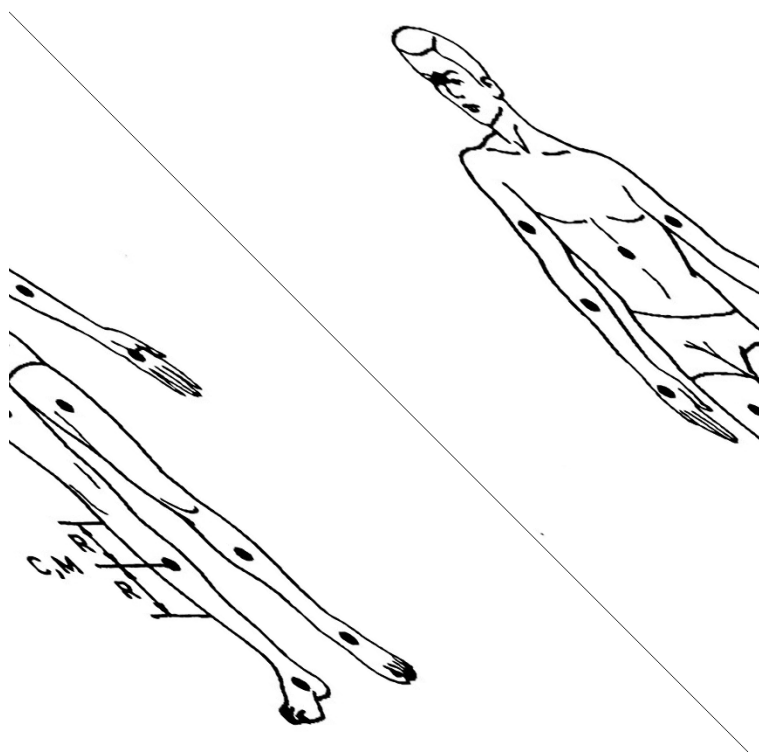
Ekstenzija koljena izvodi se sve dok potporna noga od prednje ne postane zadnja, a stopalo ne počne smanjivati površinu oslonca podizanjem pete. Tada počinje fleksija koljena, a stopalo druge noge dodiruje površinu oslonca te tako prestaje ovaj period i počinje novi, period dvostrukog oslonca.

U ovom periodu zadnja noga po završetku dvostrukog oslonca postaje njišuća. Vršiti se fleksija koljena i započinje fleksija natkoljenice prema zdjelici. U njišućoj nozi osnovnu funkciju imaju m.tibialis anterior i mm.extensores hallucis koji podižu stopalo, dok m.biceps femoris caput longum, m.semimembranosus, m.semitendinosus flektiraju potkoljenicu i održavaju je u fleksiji dok ne postane prednja. Nadalje, m.quadriceps femoris naglo se kontrahira da bi noga postala prednja, no ta kontrakcija brzo prestaje i potkoljenica inercijom nastavlja opružanje da bi m.iliopsoas i njegovi sinergisti doveli potkoljenicu iz položaja ekstenzije u fleksiju prema zdjelici. Dok, m.gluteus medius, m.gluteus minimus i m.tensor fasciae latae onemogućavaju jače naginjanje zdjelice na stranu njišuće noge i istovremeno rotiraju zdjelicu oko uzdužne osi, tako da se suprotna strana pomiče naprijed. Navedena gibanja izazivaju podizanje stopala od površine oslonca i pomicanje prema naprijed dok ova noga od zadnje ne postane prednja. U drugom dijelu ovoga gibanja izvodi se ekstenzija potkoljenice prema natkoljenici, dok se fleksija natkoljenice prema zdjelici nastavlja. Kontaktom s površinom oslonca potkoljenica se gotovo sasvim ekstendira, stopalo se nalazi u laganoj supinaciji i uspostavlja kontakt s površinom oslonca vanjskom stranom pete.

#### 2.3.3.2. TEŽIŠTE TIJELA



Težište tijela i pojedinih dijelova tijela određuju se metodom grafičke konstrukcije zajedničke komponente svih sila koje djeluju na pojedine segmente. Ako približno znamo točke u kojima djeluje segmentarna teža, potrebno je znati i silu gravitacije koja djeluje na te točke, tj. kolika je težina pojedinih segmenata. Grafičkom metodom konstruiramo položaj težišta tijela. U stojećem uspravnom stavu težišnica tijela prolazi iza poprečnih osi desnog i lijevog zgloba kuka, a ispred poprečne osi koljenog zgloba i gornjeg nožnog zgloba. Uslijed težine tijela javlja se u zglobu kuka tendencija retrofleksije, u koljenu tendencija hiperekstenzije odnosno antefleksije, a u gornjem nožnom zglobu potkoljenica je sklona naginjanju prema naprijed, što je gibanje istovjetno dorzalnoj fleksiji stopala. Navedena gibanja u zglobu kuka i koljena praktički se ne mogu izvesti, odnosno vrlo su ograničena ligamentima i mišićima. Promjenom položaja tijela i težišnica se mijenja.



*Slika 15. Shema rasporeda točaka mase na pojedinim segmentima tijela  
(preuzeto iz: Dodig, Biomehanika čovječjeg tijela, 1994.)*

#### 2.3.4. AKTIVNOSTI MIŠIĆA I ULOGE ZGLOBOVA U HODU

Mišići su djelatni aktivni pokretači tijela, a njihovim radom upravlja središnji živčani sustav.

Polovica tjelesne težine otpada na poprečnoprugastu, glatku i srčanu muskulaturu, točnije kod muškaraca 42%, a kod žena 39%. Prema Eisleru u ljudskom tijelu ima 327 parnih i 2 neparna p.p.mišića. Mišić je elastična tvorevina građena od mišićnih i vezivnih stanica kojem je osnovna funkcija proizvodnja sile, odnosno imaju veliku sposobnost skraćivanja i produživanja. Svojom kontrakcijom omogućuju primicanje odnosno odmicanje pojedinih dijelova tijela, zatim širenje i suženje nekih otvora u unutrašnjosti i na površini tijela.

Mišići funkcioniraju tako što stvaraju napetost na mjestima koja se vežu za kost, a kost čine različite vrste sustava poluga. Analiza sustava poluga u tijelu ovisi o poznavanju: hvatišta mišića, udaljenosti hvatišta od uporišne poluge, duljine krakova poluge i položaja poluge. Za neke od njih potrebna je velika sila, a za druge svladavanje velike udaljenosti što rezultira postojanjem više vrsta mišića. Neki su dugi i kontrahiraju se na duljem putu, a drugi su kratki, ali je površina njihova poprečnog presjeka velika, pa na kraćem putu mogu razviti neobično jaku kontrakciju.

##### 2.3.4.1. AKTIVNOST MIŠIĆA U FAZI DVOSTRUKOG OSLOMCA

Stopalo prednje noge u supinaciji dodiruje podlogu petom i nakon toga vanjskim rubom stopala :

- m.tibialis anterior
- m.extensor hallucis longus
- m.extensor hallucis brevis

Koljeno:

- m.quadriceps ograničava fleksiju koljena

- m.semitendinosus- vrši unutarnju rotaciju tibie
- m.biceps femoris- vrši vanjsku rotaciju tibie

Zdjelice:

- m.gluteus maximus sprječava fleksiju prema naprijed

#### 2.3.4.2. AKTIVNOST MIŠIĆAU FAZI JEDNOSTRUKOG OSLONCA

a) kod noseće noge

podižu petu od podloge :

- m.triceps surae
- m.peroneus longus
- m.peroneus brevis
- m.tibialis posterior

koljeno:

- m.quadriceps femoris održava potkoljenicu u ekstenziji

zdjelica:

- m.gluteus maximus- ispružanje i vanjska rotacija u zglobu kuka; proksimalna vlakna vrše abdukciju, a distalna vlakna addukciju; ispružanje u zglobu kuka je važno za uspravljanje tijela (iz čučnja, pri ustajanju, hodanje po stubama, penjanje). Ako je mišić oduzet, može biti vrlo otežano hodanje i stajanje i pacijent je u velikoj opasnosti da padne ako savije koljeno. Padanje zdjelice na stranu viseće noge, sprječava i rotira zdjelicu oko vertikalne osi
- m.gluteus medius- abdukcija, prednja vlakna vrše pregibanje u zglobu kuka i unutarnju rotaciju, stražnja vlakna vrše ispružanje i vanjsku rotaciju. Sprječava spuštanje zdjelice na strani nišuće noge pri jednostrukom osloncu ili hodanju.
- m.gluteus minimus- isto kao i m.gluteus medius
- m.tensor fasciae latae- pregibanje, abdukcija i unutarnja rotacija u zglobu kuka, pritišće glavu femura u acetabulum, stabilizira zglobov koljena.

b) kod slobodne noge

podizju stopalo:

- m.tibialis anterior, dorzalna fleksija, inverzija stopala
- m.extensor hallucis longus et brevis

potkoljenicu flektiraju i održavaju u fleksiji sve dok slobodna noga ne postane noseća

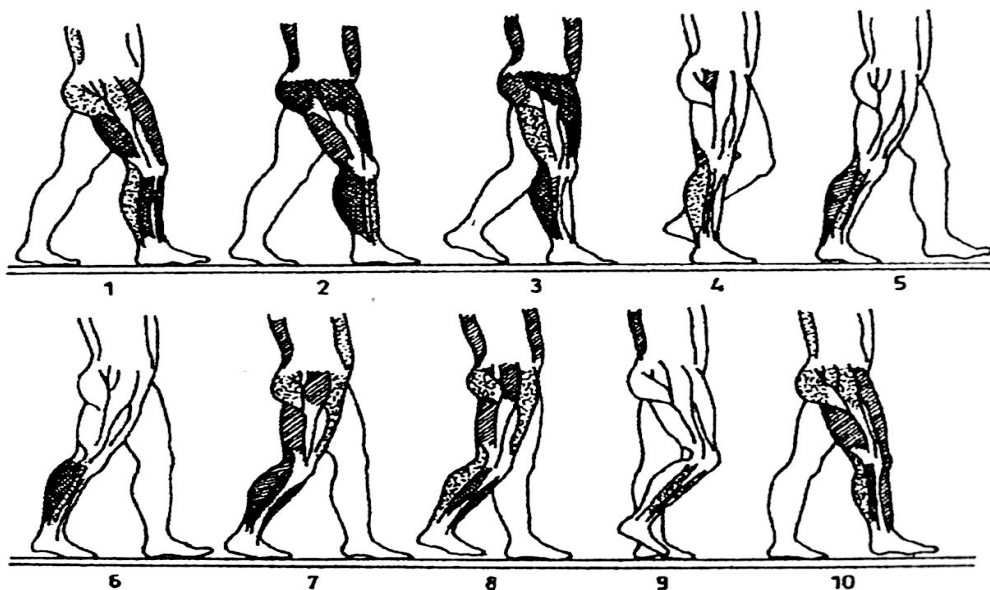
- m.biceps femoris-caput longum
- m.semimembranosus
- m.semitendinosus

koljeno

- m.quadriceps femoris-ispruža nogu kada postane noseća

natkoljenica

- m.iliopsoas- snažni fleksor zgloba kuka, flektira nogu i dovodi je naprijed; vanjska rotacija, addukcija



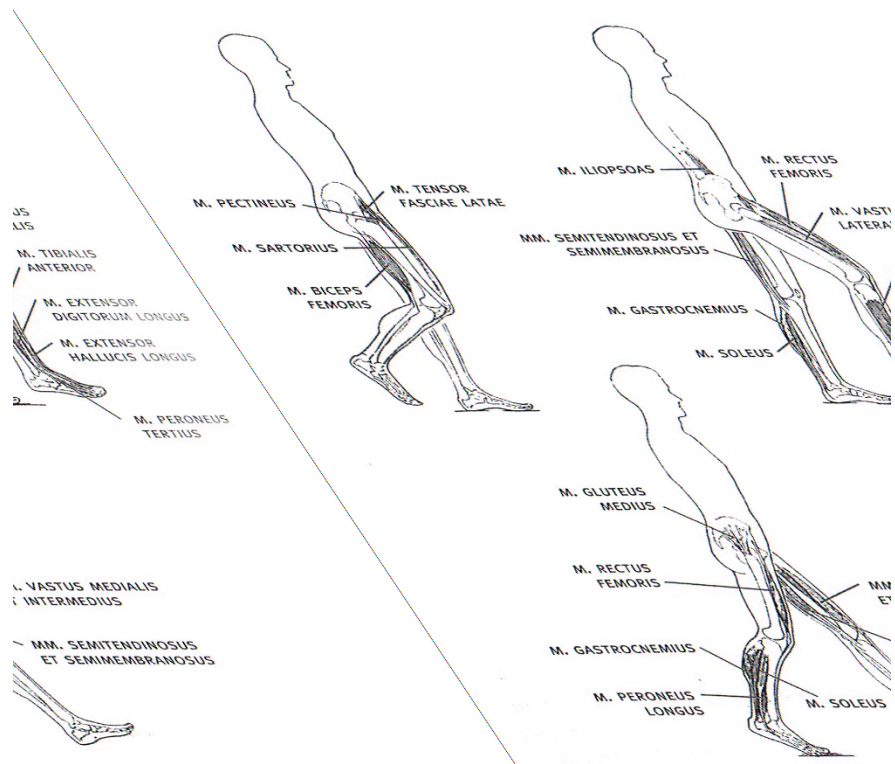
**Slika 16.** Prikaz sudjelovanju pojedinih mišića u kinetičkoj strukturi (prema V.S.Gurfinkelu).

*Tamnija mjesta mišića odgovaraju intenzitetu njihovih kontrakcija  
(preuzeto iz: „Biomehanika čovječjeg tijela, M.Dodig, 1994)*

#### 2.3.4.3. AKTIVNOST MIŠIĆA TRUPA I RAMENA

Prateći gibanje kukova prema naprijed, trup i rameni pojas izvode gibanje s rotacijom u suprotnom pravcu. Kad je desna noga naprijed, lijevo rame se nalazi naprijed, a desno otraga. Na taj se način osovine koje spajaju oba kuka i oba ramena zgloba ne gibaju paralelno oko zajedničke vertikalne osi, već se rotiraju u suprotnim pravcima. Ovakva gibanja ramenog pojasa i zdjelice zahtijevaju da se kralježnica rotira, što je izraženo pri dvostrukom osloncu. Pritom se aktivni mišići slabinskog dijela kralježnice, koji sudjeluju u naginjanju trupa, energično stežu sa strane noge odupiranja. Istovremeno m.obliquus abdominis externus i m.obliquus abdominis internus rotiraju trup u pravcu suprotnom od rotacije zdjelice. U ramenom pojasu najaktivnija je uloga prednjeg i zadnjeg snopa m.deltoideusa koji gibaju nadlakticu pri njihanju ruku. Prisutan je i manji utjecaj m.pectoralis major, m.serratus anterior i m.latissimus dorsi sa slabim kontrakcijama.

Ruke se ponašaju slično ramenom pojasu u odnosu na zdjelicu. Gibanje ruku i ramenog pojasa poklapa se po vremenu i pravcu, odnosno desna ruka prati desno rame i suprotno.



**Slika 17.** Mišići donjih ekstremiteta aktivni u hodu  
 (preuzeto iz: „Funkcijska anatomija lokomotornog sustava; Pećina, Keros. 2006.)

**Tablica 2.** *Ciklus hoda- pokret zgloba i aktivnost mišića*

INTERVAL	ZGLOB	POKRET	AKTIVNOST MIŠIĆA
Akceleracija do kontakta petom	Kuk	Fleksija	Gluteus maximus Harmstrings Gluteus medius Gluteus minimus
	Koljeno	Fleksija	Quadriceps femoris
	Gležanj	Neutralni položaj	Pretibialni mišići
Od pokreta pete do međufaze	Kuk	Neutralni položaj	Gluteus medius Gluteus minimus
	Koljeno	Ekstenzija	Quadriceps femoris
	Gležanj	Dorzifleksija	Gastrocnemius Soleus
	Donji nožni zglob	Inverzija	Tibialis anterior Tibialis posterior
Od međufaze do odizanja prstiju	Kuk	Ekstenzija	-
	Koljeno	Fleksija	Gastrocnemius
	Gležanj	Plantarna fleksija	Gastrocnemius Soleus
	Donji nožni zglob	Everzija	Fibularis longus Fibularis brevis
Odizanje prstiju	Kuk	Fleksija	Iliopsoas Adductor longus,

			brevis,magnus
	Koljeno	Fleksija	Gastrocnemius
	Gležanj	Neutralni položaj	Pretibialni mišići
	D. nožni zglob	Neutralni položaj	-

#### 2.3.4.4. ULOGA KUKA; KOLJENA; STOPALA I GLEŽNJA U HODU

##### 1) Uloga kuka u hodu

Ligamentima kuk održava ekstenziju nogu u fazi oslonca i fleksiju u fazi njihanja. Abduktori kuka osiguravaju stabilnost u fazi jednostrukog oslonca.

##### 2) Uloga koljena u hodu

Tijekom oslonca koljeno je osnova za stabilnost ekstremiteta, dok je u njihanju pokretljivost koljena glavni faktor u odvajanju donjeg ekstremiteta od podloge

##### 3) Uloga stopala i gležnja u hodu

Tijekom oslonca opseg pokreta gležnja nije velik, ali je ključan za gibanje i amortizaciju šoka, dok u njihanju pokretljivost gležnja doprinosi podizanju ekstremiteta. Zglobovi stopala se adaptiraju podlozi te kada peta dodirne tlo započinje zatvoreni kinetički lanac.



### 3.PROCJENA HODA

Procjena hoda je dio kliničkog pregleda kod bolesnika s promjenama lokomotornog sustava. Radi se s ciljem : utvrđivanja uzroka nepravilnosti hoda kod individualnih pacijenata, korištenje tih informacija u planiranju metoda tretmana i evaluacije učinka odabranih metoda tretmana. Procjena hoda uključuje mjerenje kretanja tijela u prostoru (kinematika), snagu uključenu u izvođenje pokreta (kinetika), mjerenje aktivnosti mišića (EMG), te potrošnju energije.

Procjena hoda sastoji se od :

- subjektivnog pregleda – povijest pacijentova stanja i sadašnji problemi vezani uz hod
- opservacije hoda- generalne i selektivne; razlikujemo anteriorni, posteriorni i lateralni pregled
- standardiziranih obrazaca, skala, testova
- videozapisa pacijentovog hoda- anteriorni, posteriorni, lateralni
- korištenje računalnih sustava za analizu hoda

Opservacija hoda odrasle osobe se čini naizgled jednostavna, međutim uloga pojedinih mišića u ciklusu hoda još uvijek nije do kraja razjašnjena premda proučavanje hoda ima dugu povijest. Rezultati mjerenja dobivenih od ispitanika tijekom hoda sada su uobičajeni i postoje mnogi opremljeni laboratoriji s instrumentima za mjerenje parametara hoda. Proučavaju se mehanizmi koji pretvaraju kontrakcije mišića oko zglobova za obavljanje funkcionalnog zadatka, odnosno hodanja.

### 3.1.OPSERVACIJA HODA

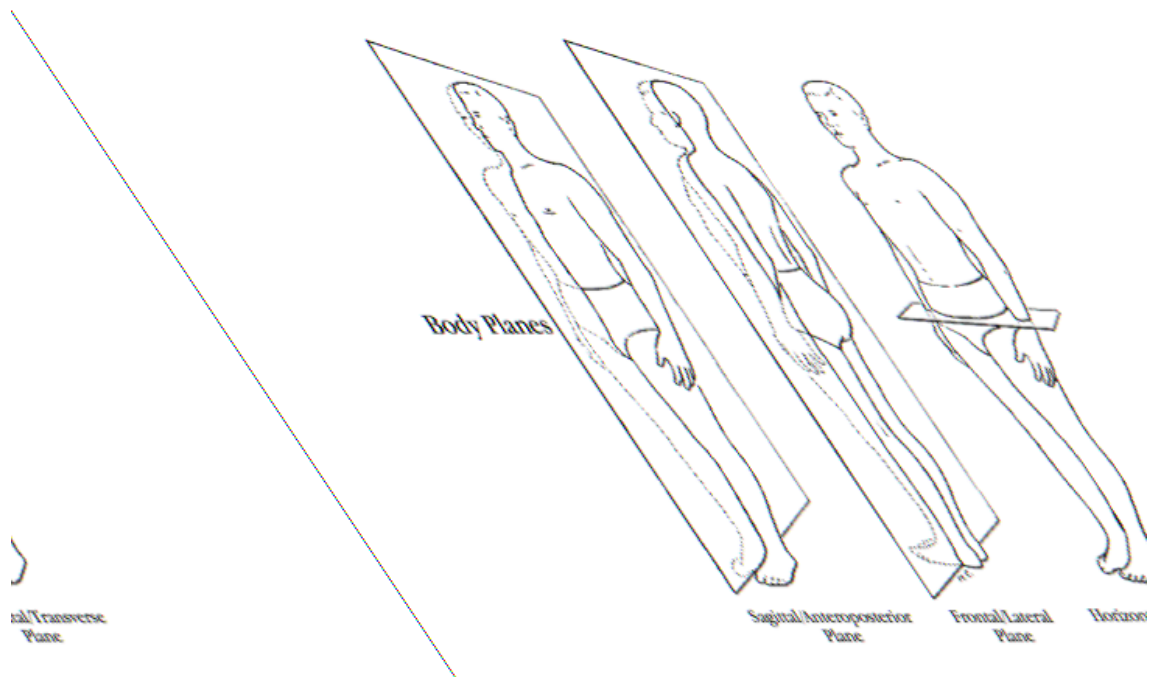
Opservacija hoda može biti generalna i selektivna.

Kod generalne analiziramo :

- duljinu iskoraka
- ritmičnosti i simetričnost hoda
- trajanje njihanja, trajanje kompletnog ciklusa hoda
- brzinu hoda

Kod selektivne analiziramo:

- specifične faze hoda
- pozicioniranje i kretanje pojedinih zglobova
- hod u obući i bez obuće
- utvrđujemo kompenzatorne mehanizme



**Slika 18.** Opservaciju promatramo kroz tri ravnine

(preuzeto iz: <http://actionreactionpt.com/>)

### 3.1.1. PREGLED POKRETA U SAGITALNOJ RAVNINI

U sagitalnoj ravnini promatraju se vertikalne oscilacije trupa, glave i zdjelice. Pokreti trupa i glave usko su povezani s pokretima zdjelice. Pri svakom koraku trup se podiže i spušta kao i zdjelica. Najviši položaj u odnosu na polugu trup ima pri osloncu jedne noge, kada je ona okomita na podlogu, a najniži pri osloncu obje noge.

Centar gravitacije varira od 2-5 cm, ovisno o dužini koraka i brzini hoda.

Promatraju se i veliki angularni pokreti u kuku, koljenu i gornjem nožnom zglobu.

U kuku se odvijaju pokreti fleksije i ekstenzije. Pri kontaktu petom kuk se flektira  $30^\circ$ , a pri propluziji tijela prema naprijed kuk se ekstendira.

Koljeno se promatra kao sastavni dio kinematičkog lanca noge, odnosno kao spoj kinematičkog para femura i tibie. U koljenu se odvijaju dva ciklusa fleksije i ekstenzije. Prvi ciklus se događa u fazi oslonca. Pri kontaktu petom koljeno se ekstendira, a zatim odmah flektira oko  $15^\circ$ , što je važno za apsorpciju šoka.

U međufazi koljeno se ekstendira i podnosi najveće opterećenje, a zatim pri podizanju pete flektira. Drugi ciklus fleksije koljena od  $70^\circ$  odvija se u fazi njihanja.

U gornjem nožnom zglobu odvijaju se pokreti plantarne i dorzalne fleksije. Pri inicijalnom kontaktu gležanj je u neutralnom položaju između dorzalne i plantarne fleksije, noga vrši unutarnju rotaciju, subtalarni zglob je u everziji, poprečni tarzalni i talonavikularni zglobovi su nestabilni. M.triceps surae i unutrašnji mišići stopala su inaktivni, a aktivni su pretibijalni mišići. Ubrzo nastaje plantarna fleksija gležnja kako bi se omogućio kontakt cijelog stopala s podlogom, noga se rotira van, subtalarni zglob je u inverziji, poprečni tarzalni i talonavikularni zglobovi su stabilni. M.triceps surae i unutrašnji mišići stopala su aktivni, a pretibijalni inaktivni.

U ovom zatvorenom kinetičkom lancu tibia prelazi preko fiksiranog stopala da bi se gležanj smjestio u položaj dorzifleksije od  $10^\circ$ . Pri podizanju pete nastaje plantarna fleksija oko  $20^\circ$ . Otvoreni kinetički lanac počinje podizanjem prstiju, stopalo se dorziflektira, ali samo do neutralne pozicije, noga vrši vanjsku rotaciju.

Metatarzophalangealni zglobovi se pokreću u završnoj fazi i u fazi predzamaha.

Tijekom potpunog kontakta stopala metatarzophalangealni zglobovi su u neutralnom položaju. Kada je gležanj u plantarnoj fleksiji MTP zglobovi su u hiperekstenziji. U fazi njihanja prisutna je hiperekstenzija MTP zglobova oko  $55^\circ$ , ali se smanjuje na  $25^\circ$  dodiranjem pete o podlogu u završnom njihanju

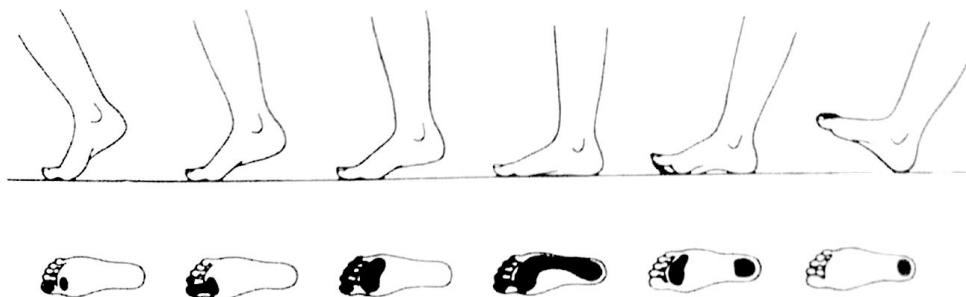
Lukovi stopala imaju veliku važnost u hodu i njihova je glavna zadaća prijenos na podlogu mehaničkih sila koje su prouzročene tjelesnom masom, pokretima i inercijom. Pri tome lukovi stopala moraju djelovati kao čvrsta poluga, ali istodobno osigurati gibljivost, te biti elastični i gipki kako bi se prilagodili različitim oblicima tla.

Usporedba ustroja stopala i njegovih koštanih dijelova s oblikovanjem lukova ima primjer u kamenom mostu. No, učinak se lukova u smislu dvokrakih poluga sa središtem u poprečnoj osi gornjega gležnanskoga zgloba može samo približno usporediti s takvom građevinskom konstrukcijom jer su stopalni lukovi najsličniji tehničkoj konstrukciji sferičnog opterećenja.

Za vrijeme hoda nastaju dinamičke promjene stopalnih lukova, koje možemo promatrati u pojedinim fazama hoda. U fazi doticaja pete s tlom mehanička se sila prenosi na stražnje dijelove uzdužnih lukova i djelovanjem tjelesne mase stopalo se spušta na tlo uz plantarnu ekstenziju u gornjem gležnanskom zglobu. U fazi najvećeg doticaja stopala s tlom, tjelesna težina se prenosi putem gornjeg gležnanskog zgloba i djeluje spuštajući stopalne lukove. Reakcija na to jest kontrakcija stopalnih mišića (elastična apsorpcija mehaničkog opterećenja). Pri potpunom opterećenju stopala lukovi se malo produže.

Faza propluzije započinje podizanjem pete te sve više opterećuje poprečni stopalni luk. Plantarnom ekstenzijom u gornjemu gležnanskom zglobu uzdužni stopalni luk okreće se oko uporišta koje čini prednji dio stopala. Tijelo se pokreće prema naprijed snažnim djelovanjem mišića, što opterećuje uzdužne stopalne lukove, a u tome, osim mišićja, sudjeluje i tjelesna masa. Posljednji stadij propluzije zbiva se putem stopalnog palca s malim sudjelovanjem mišića odmicača i primicača palca stopalo se naposljetku odgurne od podloge i započinje novi korak suprotnom nogom.

U kratkoj fazi dvostrukog oslonca, tjelesna je masa jednoliko raspoređena na oba stopala, a u fazi njihanja noge stopalni se lukovi vraćaju u neopterećeno stanje.



### *Slika 19. Prijenos opterećenja stopala tijekom hoda*

*(preuzeto iz: „Funkcijska anatomija lokomotornoga sustava; Pećina, Keros 2006.)*

Kada hod promatramo u sagitalnoj ravnini potrebno je opisati:

- lumbalnu lordozu- postojanje kompenzacija u slučaju ograničenja pokreta u kukovima
- ograničenje pokreta fleksije ili ekstenzije kuka, koljena, gležnja
- koordinaciju između pokreta kuka, koljena, gležnja
- razlike u duljini koraka
- razlike u trajanju koraka
- detaljan osvrt prema svim fazama hoda

#### 3.1.2 PREGLED POKRETA U FRONTALNOJ RAVNINI

Pri osloncu jedne noge kada se trup nagnje na stranu opterećene noge primjećuju se lateralne oscilacije glave i trupa, koje se još nazivaju fiziološki Duchennov znak.

Pri osloncu jedne noge prisutan je lateralni tilt zdjelice, zdjelica se nagnje na stranu njišuće noge. To je fiziološki Trendelenburgov znak.

U frontalnoj ravnini u donjem nožnom zglobu promatraju se pokreti inverzije i everzije. Everzija započinje inicijalnim kontaktom, a maksimalna je odmah nakon potpunog kontakta. Inverzija započinje u međufazi, a maksimalna je pri podizanju prstiju.

Kod anteriornog pregleda hoda opisujemo:

- lateralne pomake glave, trupa zdjelice
- rotacijske komponente zdjelice
- pozicioniranje femura na tibiji, rotacije kukova, položaj stopala (5-18° prema van) kroz ciklus hoda
- prisustvo abdukcije ili cirkumdukcije noge u fazi njihanja

- stanje muskulature
- širinu baze oslonca

Kod posteriornog pregleda hoda opisujemo:

- sve strukture kao i u anteriornom pregledu
- prisutnost abnormalne abdukcije, addukcije i lateralne pomake
- položaj peta
- stanje muskulature leđa, stražnjice, zadnje lože, potkoljenice

### 3.1.3. PREGLED POKRETA U HORIZONTALNOJ RAVNINI

U horizontalnoj ravnini promatramo rotacije ramena i zdjelice.

Rotacije ramena i zdjelice su uvijek u suprotnim smjerovima, a njihove veličine ovise o brzini hoda. Rotacija zdjelice naprijed oko osovine noge klinički se zove korak zdjelice (pelvic step). Pri iskoraku desnom nogom desna strana zdjelice rotira se naprijed i obrnuto.

Veličina nagnutosti, kosine zdjelice iznosi 5-7° pri sporom hodu, a pri brzom hodu povećava se na 10-20°.

Rotaciju zdjelice prate unutarnja i vanjska rotacija femura i tibie. U otvorenom kinetičkom lancu u fazi njihanja i fazi oslonca sve do kontakta punim stopalom noga se rotira unutra. U zatvorenom kinetičkom lancu noga se rotira van i doseže maksimum pri podizanju prstiju. Vrijednosti ovih rotacija variraju individualno. Srednja vrijednost rotacije femura iznosi 14°, a rotacije tibie 20°.

**Tablica 3.** Glavne točke promatranja u opservaciji hoda:

TOČKE OPSERVACIJE	OČEKIVANE VRIJEDNOSTI
Dužina koraka	35-41 cm
Brzina hoda	M 100-120 koraka u minuti Ž 105-125 koraka u minuti
Trajanje kompletnog ciklusa hoda	Oko jedne sekunde
Promjene baze oslonca	Stabilna/varijabilna Široka/uska

Količina zamaha ruku	Normalna, povećana, smanjena
Položaj glave	Protrakcija, retrakcija
Položaj ramena	Depresija, elevacija Protrakcija, retrakcija
Položaj trupa	Fleksija, ekstenzija Laterofleksija desno lijevo
Položaj zdjelice	Ravna, spuštена, kosa, fiksirana Anteriorni/posteriorni tilt
Položaj kukova	Fleksija, ekstenzija Vanjska i unutarnja rotacija Abdukcija/addukcija
Položaj koljena	Fleksija, ekstenzija
Položaj gležnja	Plantarna i dorzalna fleksija Everzija i inverzija
Položaj stopala	Everzija i inverzija

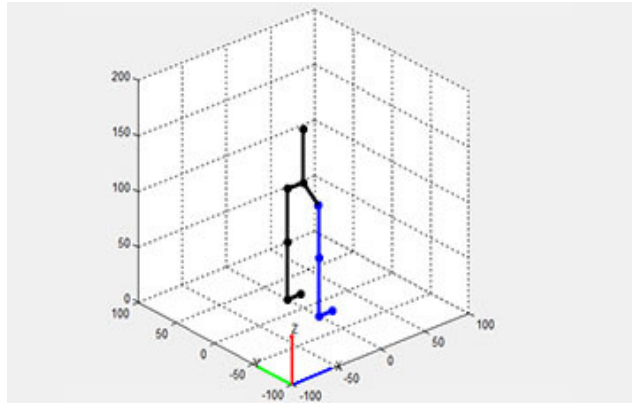
## 3.2. SUVREMENI NAČINI ANALIZE HODA

### 3.2.1. METODE MJERENJA BIOMEHANIČKIH KARAKTERISTIKA KINETIČKOG SUSTAVA

Da bismo utvrdili kvantitativne veličine gibanja tijela ili njegovih pojedinih dijelova, neophodno je prije svega utvrditi veličine koje u njima figuriraju. Omogućena je široka primjena različitih instrumenata i naprava za mjerenje i prikupljanje određenih informacija o kinetičkim strukturama i svojstvima kinetičkog sustava. To su uglavnom



različite vrste mjernih instrumenata koji omogućavaju dobivanje relevantnih informacija o kinetičkoj strukturi odabranog kinetičkog sustava ili o strukturi njegove manje radne jedinice.



*Slika 20. Kinematički prikaz tijela u prostoru  
(preuzeto iz: [www.xsens.com/human-kinematics](http://www.xsens.com/human-kinematics))*

### 3.2.1.1. KINEMATOGRAFIJSKA METODA

Kinematografijska metoda je način analize biomehaničkih parametara gibanja pri kojem se koriste različiti sustavi i instrumentariji: fotoaparati, filmske kamere, selspost sustav.

Primjenom ove metode dobiju se sljedeći parametri:

- prostorne veličine
- vremenske veličine
- težište tijela
- kut sigurnosti polaznih i prijelaznih stavova i položaja
- elevacijski i odskočni kut
- elevacijski kutovi
- kutovi između uzdužnih osi dijelova tijela i osi koordinatnog sustava

Ovom metodom omogućeno je grafičko prikazivanje gibanja i stvaranje kinograma. Pomoću dobivenih parametara i uz primjenu odgovarajućih metoda i formula, moguće je izračunavanje trajektorije gibanja, brzine gibanja, ubrzanja, kutne brzine, momenta količine gibanja, kinetičke energije, itd.

### 3.2.1.2. TENZIOMETRIJSKA METODA

Tenziometrijska metoda se temelji na korištenju različitih naprava tenziometrijskog tipa: platforme, tenziometri. Primjenom ove metode omogućeno je:

- registracija promjena intenziteta sile
- registracija promjena intenziteta komponenti sile po x,y, i z osi
- određivanje koordinata napadne točke sile na površinu tenzioplatforme
- određivanje napadnog kuta sile u sagitalnoj i frontalnoj ravnini
- registraciju promjena veličina slobodnog momenta za os z
- registraciju veličine oscilacija sile u jedinici vremena
- izračunavanje koeficijenta eksplozivnosti
- izračunavanje brzine i ubrzanja u trenutku sudara po x,y i osi
- integriranje površine zapisa i određivanje veličine mehaničkog rada i kinetičke energije
- primjena analize valnog oblika

### 3.2.1.3. DINAMOMETRIJSKA METODA

Dinamometrijska metoda omogućava dobivanje parametara o maksimalnim izometrijskim potencijalima. Koriste se različite vrste dinamometara:

- za registraciju izometrijske sile fleksora i ekstenzora
- za registraciju antefleksora, retrofleksora, abduktora i adduktora
- za registriranje promjena izometrijskih mišićnih potencijala za dugotrajnog naprezanja
- za registraciju maksimalnog vremena trajanja maksimalnog izometrijskog naprezanja

Na osnovi dobivenih parametara moguće je izračunati:

- relativnu veličinu mišićne sile
- gradijent sile
- maksimalnu izometrijsku silu
- maksimalno vrijeme izometrijskog naprezanja

#### 3.2.1.4. KINEZIOMETRIJSKA METODA

Ova metoda omogućava direktno dobivanje parametara kinetičke strukture.

Upotrebljavaju se različiti tipovi kineziometara, senzora čija primjena osigurava dobivanje sljedećih parametara:

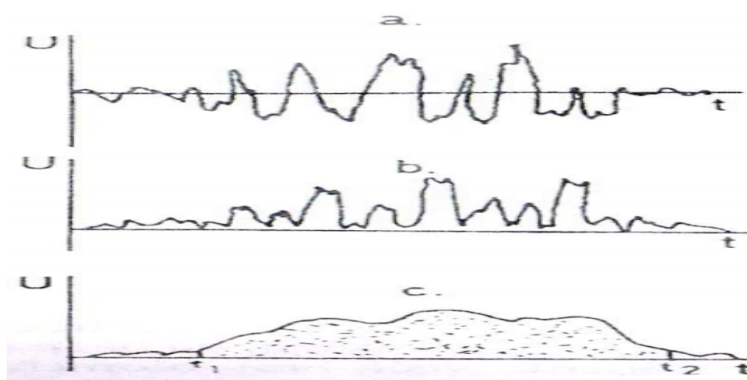
- prostornih veličina (amplituda gibanja)
- vremenskih veličina (vremena i trajanja gibanja))
- kutnih veličina (kuta gibanja)

Pomoću ovih parametara moguće je analogno-digitalnom pretvorbom, uz primjenu matematičkih metoda izvršiti kvalitativnu i kvantitativnu analizu kinetičke strukture kinetičkog sustava ili rad pojedinih radnih jedinica kinetičkog sustava.

#### 3.2.2. ELEKTROMIOGRAFIJA (EMG)

Uz mjerenje kinematike i kinetike pokreta možemo provesti i mjerenje bioelektričnih signala mišića pojedinih dijelova tijela prilikom snimanja gibanja čovjeka. EMG snimanja istovremeno s kinematikom hoda pokazuje aktivnost pojedinih mišića

prilikom ciklusa koraka, odnosno redosljed, međusobnu povezanost, intenzitet i trajanje aktivnosti pojedinih mišića tijekom hoda. Tako dobiveni elektromiografski podaci su vrlo korisni za dijagnostiku i rehabilitaciju zato što se redosljed, intenzitet i trajanje aktivnosti mišića razlikuju kod zdravih i bolesnih osoba. Elektromiografska metoda se temelji na mjerenju bioelektričnih signala koji nastaju protokom iona kroz membranu podražene mišićne stanice.



**Slika 21.** Signal mjeren na elektrodama postavljanim na kožu iznad tretiranog mišića je kvazi periodičnog oblika i njegov izgled pri mišićnoj aktivaciji i relaksaciji je prikazan na slici (pod a). Ispravljanjem (pod b) i zaravnjivanjem (pod c) dobije se oblik pogodan za procjenu stupnja aktivnosti mišića, odnosno sile i njenog impulsa tijekom njegovog aktivnog mehaničkog djelovanja u sistemu tjelesnih poluga.

(preuzeto iz: Bajrić O., „Biomehanika sa kineziologijom“; skripta, 2010)

EMG metoda utvrđuje koji su mišići aktivni pri određenom pokretu i koliko je vrijeme njihovog mehaničkog djelovanja. Moguće je procijeniti i mišićnu silu u bilo kojem trenutku mjerenja, te njen ukupni impuls.

#### 4. KARAKTERISTIČNI ZNAKOVI I KOMPENZATORNI MEHANIZMI KOD PATOLOŠKIH OBRAZACA HODA

Patološki obrasci hoda imaju široko rasprostranjenu etiologiju od neuromuskularnog do mišićnokoštanog uzroka. Odstupanja mogu biti rezultat strukturalne nepravilnosti kostiju, zglobova ili mekih česti.

Na zglobna ograničena, javljaju se brojni kompenzatorni mehanizmi, kao što je povećana gibljivost susjednih zglobova. Možemo reći da je učinkovitost hoda smanjena, a utrošak energije znatno veći.

## 4.1. KOŠTANO ZGLOBNI UZROCI PATOLOŠKOG OBRASCA HODA

### 4.1.1. PATOLOGIJA ZGLOBA KUKA

Osteoartritis je najčešći problem što se tiče nepravilnosti u hodu. Prve promjene zamjećujemo kroz smanjen raspon pokreta kuka, pogotovo u internoj rotaciji i fleksiji što dovodi do pretjerane kompenzacije pokreta u lumbalnom dijelu kralježnice i u suprotnom, zdravom, kuku. U teško oštećenom zglobu kuka bit će prisutna smanjena fleksija u fazi zamaha i smanjena ekstenzija u fazi oslonca. Bolesnici s bolnim kukom često imaju prepoznatljiv antalgičan hod kojega karakterizira izbjegavanje težine na zahvaćenoj strani.

### 4.1.2. PATOLOGIJA ZGLOBA KOLJENA

Tijekom ciklusa hoda, bolno koljeno se održava u blagoj fleksiji što je posebno zamijećeno ukoliko je prisutan intraartikularni izljev, jer takav položaj smanjuje napetost u kapsuli zgloba. Kao kompenzatorni mehanizam ovog položaja, javlja se hod na prstima bolesne strane uz izbjegavanje inicijalnog kontakta. Ovakav način antalgičnog hoda ima brojne uzroke kao što su: upalni sinovitis, oštećenje meniskusa). Nestabilnost u ligamentima se očituje kao labavost, hiperekstenzija ili recurvatum položaj, što je rezultat gubitka mišićne kontrole koljena i raznih neuromuskularnih problema. Koljena ovise o statičkim stabilizatorima koji s vremenom postaju rastezljivi

i labavi. Za vrijeme faze oslonca koljeno vrši hiperekstenziju što dovodi do degenerativnih promjena koljenog zgloba.

Nadalje nestabilnost koljena može biti povezana s varus deformitetom do kojeg dolazi zbog oštećenja posteriolateralnog dijela koljena, što je vidljivo u fazi oslonca. Ovakvo stanje je obično povezano s ozljedama stražnjeg križnog ligamenta, lateralno kolateralnog ligamenta, stražnje zglobne kapsule i poplitealne tetive. Navedena stanja zahtijevaju rekonstrukcijsku operaciju.

Problemi s m.quadriceps javljaju se u osoba koji su pretrpjeli ozljedi prednjeg križnog ligamenta, a posljedično se javljaju nepravilne kretnje tibie i njena sklonost anteriornim subluksacijama.

Kontrakture koljenog zgloba značajan su problem. Fleksijska kontraktura uzrokuje šepavost. Ukoliko je manja od 30° dovodi do šepavosti pri brzom hodu, dok kontraktura veća od 30° uzrokuje šepavost i pri normalnom hodu.

Hod karakterizira oslanjanje na prste zahvaćene strane i visoko podizanje noge iz kuka na zdravoj strani.

#### 4.1.3. PATOLOGIJA ZGLOBA GLEŽNJA I STOPALA

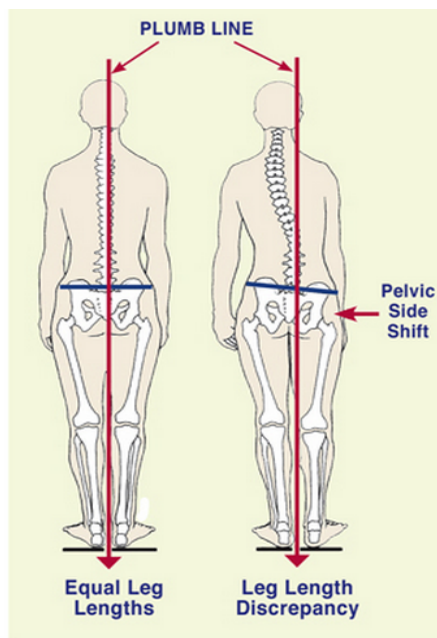
Trauma i upala su jedni od uzroka antalgicnog hoda.

Ako je zahvaćen prednji dio stopala, osoba izbjegava plantarnu fleksiju i skupljanje prstiju, dok osobe s nestabilnošću gležnja imaju probleme održavanja ravnoteže tijekom inicijalnog kontakta noseće noge.

#### 4.1.4. Odstupanja u duljini noge

Odstupanja u duljini noge mogu biti rezultat brojnih faktora te može utjecati na bilo koji dio kinetičkog lanca, uključujući skoliozu i kontrakturu kuka, koljena ili gležnja, te se naziva relativna neusklađenost duljine noge. Prava neusklađenost duljine noge je rezultat asimetrije u dužini zdjelice, femura ili tibie. U svakom slučaju, neusklađenost duljine noge može rezultirati zdjelicom nakrivljenosti s padom zdjelice, smanjenom fleksibilnošću kuka i koljena, hiperpronacijom ili plantarnom fleksijom gležnja koje se sve manifestiraju ipsilateralno na kraćoj strani tijela. Kod neusklađenosti duljine noge koja je manja od 1,27 cm tijekom cijele faze oslonca može se vidjeti spuštenost ramena

na pogođenoj strani te kompenzacijska zdjelična spuštenost. Postoji očita podignutost ramena suprotne (strane zamaha) i pretjerana fleksibilnost kuka, koljena i gležnja na ipsilateralnoj strani. Kod skraćenosti veće od 3,81 cm, osoba će hodati na prstima skraćenog uda tijekom faze oslonca s potpunom ekstenzijom koljena.



**Slika 22.** Odstupanja u duljini noge

( preuzeto iz: <http://erikdalton.com/>)

## 4.2. NEUROLOŠKI UZROCI PATOLOŠKOG HODA

Disfunkcija središnjeg živčanog sustava, kralježnične moždine, perifernih živaca ili mišića rezultira patološkim hodom.

### 4.2.1. HEMIPLEGIČNI HOD

Karakterizira ga abnormalni zamah ruke koja se nalazi u položaju addukcije s fleksijom u ramenu, laktu, ručnom zglobu i prstima. Također prisutna ekstenzija, addukcija i interna rotacija kuka, ekstenzija koljena, plantarna fleksija i inverzija gležnja te stopala.

Zbog nemogućnosti fleksije koljena bolesnik zabacuje paretičnu nogu opisujući luk (cirkumdukcija).

#### 4.2.2. SPASTIČNI HOD

Oštećenjem gornjeg motornog neurona nastaje porast mišićnog tonusa, odnosno spastičnost čije je obilježje elastični otpor koji se javlja na početku pasivne kretnje, te u jednom trenutku naglo popusti. Ovakvu pojavu nazivamo fenomen džepnog nožića.

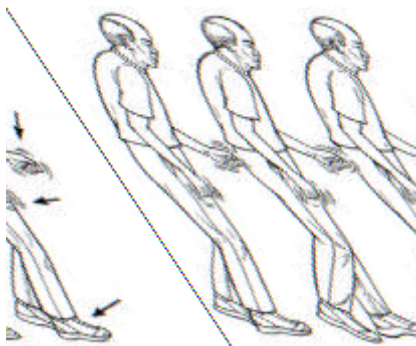
Spazam je izražen kod antigravitacijskih mišića, odnosno kod fleksora ruku i ekstenzora nogu.

Primjerice spasticitet m.tibialis posterior uzrokuje značajne promjene hoda tijekom faze oslonca i faze njihanja.

#### 4.2.3 PARKINSONOV HOD

Smanjena količina neurotransmitera dopamina u bazalnim ganglijima uzrokuje Parkinsonovu bolest, čija je glavna karakteristika siromašnost pokreta. Kretnje su oskudne i polagane. Pokreti ruke tijekom hoda su smanjeni na minimum a kod težih oblika ih uopće nema.

Držanje je pognuto s rukama adduciranim uz trup, lice amimično (kao maska), hod usporen a koraci sitni. Osoba lako gubi ravnotežu a tremor je jako izražen koji se za vrijeme kretnje smanjuje. Progresijom bolesti hod postaje sve teži, s malim sitnim koracima i teturanjem. Bolesnik gubi sposobnost iskoraka što rezultira dugim tapkanjem na mjestu.





**Slika 23. Parkinsonov hod**

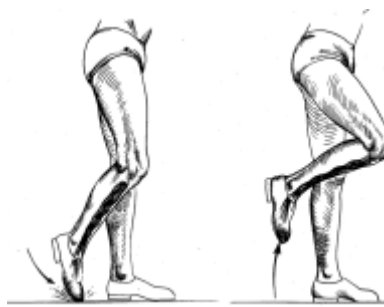
(preuzeto iz: Wikipedia)

#### 4.2.4. ATAKSIČAN HOD

Ozljede malog mozga i njegovih putova ometaju normalnu koordinaciju i preciznost motoričkih funkcija. Pod pojmom ataksičan hod, podrazumijevamo hod na široj osnovi, usporen hod, nejednakih koraka i nepredvidivih situacija. Zbog nedostatka povratne informacije bolesnici hodaju spuštene glave kako bi nadzirali pokret. Razumljivo imaju velikih problema pri hodu po noći.

#### 4.2.5. HOD KOD PERIFERNE LEZIJE N.PERONEUS

Vrlo čest neurološki problem javlja se kod lezije n.peroneusa. osoba ne može izvesti dorzifleksiju stopala, a takvu pojavu zovemo viseće stopalo. Viseće stopalo javlja se i kod radikularne lezije L5S1 koja se javlja u sklopu lumboischialgije. Osobe s ovim problemom razvijaju karakterističan „pijetlov hod“.



**Slika 24. „Pijetlov hod“**

(preuzeto iz: [www.hdfm.com/edukacija/patoloski-obrasci-hoda](http://www.hdfm.com/edukacija/patoloski-obrasci-hoda))

### 4.3. PATOLOŠKI HOD UZROKOVAN MIŠIĆNOM SLABOŠĆU

#### 4.3.1 SLABOST M.GLUTEUS MAXIMUS

M.gluteus maximus je glavni ekstenzor kuka i stabilizator trupa koji sprječava padanje tijela naprijed. Zbog njegove slabosti kuk stabilizira iliofemoralni ligament koji postaje zategnut u hiperekstenziji. Odmah nakon inicijalnog kontakta, osobe trzajem izbacuju kuk, zahvaćene strane, nazad koristeći abdominalnu i paraspinalnu muskulaturu.

Pomoću retrakcije ramena održavaju ravnotežu. Mišići zadnje lože često kompenziraju slabost m.gluteus maximusa no često su i oni zahvaćeni.

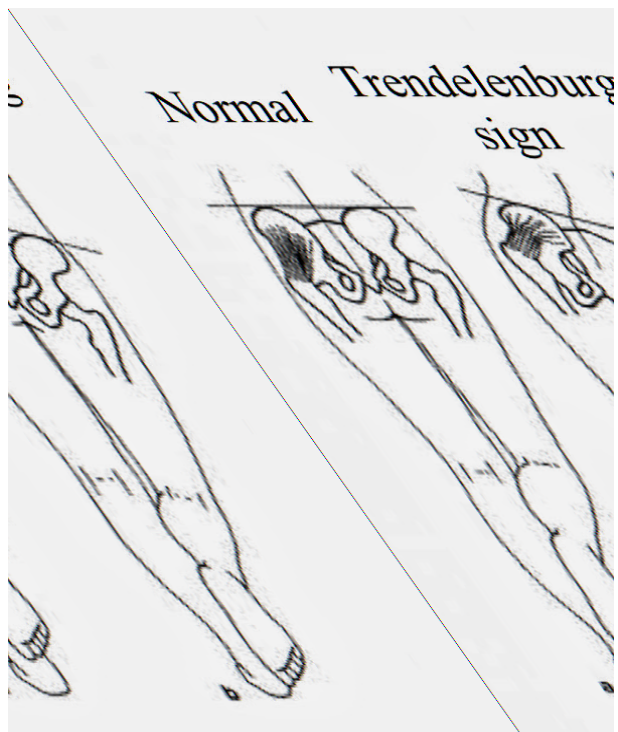
#### 4.3.2. SLABOST M.PSOAS MAJOR

Uzroci slabosti mogu biti inhibicija refleksa m.psoas major ili slabost samog mišića. Legg-Calve-Perthesova bolest može također dovesti do slabosti m.psoas majora i posljedičnog šepanja. Obilježje šepanja je hod sa položajem kuka u vanjskoj rotaciji, fleksiji i addukciji. Pretjeranim pomakom trupa i zdjelice pacijent potpomaže fleksiju kuka.

#### 4.3.3. SLABOST M.GLUTEUS MEDIUS

Jednostrana slabost izaziva postranično šepanje. Zdjelica postaje nestabilna i spušta se na suprotnu stranu. Takvu pojavu nazivamo još i pozitivan Trendelenburgov znak. Kompenzatorna reakcija je naginjanje trupa na stranu slabog m.gluteus mediusa što

nazivamo pozitivan Duchenneov znak. Ova kompenzacija omogućava održavanje ravnoteže pri hodu .



*Slika 25. Prikaz pozitivnog Trendelenburgovog znaka  
(preuzeto iz: epomedicine.com)*



*Slika 26. Hod kod disfunkcije m.gluteus mediusa  
(preuzeto iz: [www.fitness.com](http://www.fitness.com))*

#### 4.3.4 SLABOST M.QUADRICEPS

Šepavost je prisutna kroz cijeli ciklus hoda no najuočljivija je u nosećoj fazi. Kao kompenzatorni mehanizam koljeno mora biti zaključano u fazi oslonca zbog aktivnosti m.gluteus maximusa a osoba si mora pridržavati bedro tijekom noseće faze kako koljeno ne bi „pobjeglo“. Pri brzom hodu bolesna noga zaostaje u fazi zamaha što rezultira pretjeranim podizanjem pete. Ponavljajuća hiperekstenzija koljena uzrokuje rastezanje ligamenata i kapsule koljenog zgloba što dovodi do genu recurvatuma tijekom faze oslonca.

#### 4.3.5. SLABOST DORZIFLEKSORA

Ukoliko je riječ o blagoj slabosti dorzifleksora abnormalnost se uočava tijekom inicijalnog kontakta i rezultira gubitkom kontrole plantarne fleksije. U ozbiljnijim slučajevima slabosti ili paralize stopalo pada u plantarnu fleksiju tijekom njišuće faze te izostaje inicijalni kontakt.

Kao kompenzacija javlja se pretjerana fleksija kuka i koljena što dovodi do relativnog produljenja noge.

#### 4.3.6. SLABOST M.GASTROCNEMIUS

Slabost m.gastrocnemius rezultira gubitkom dorzifleksije te smanjenjem faze odgurivanja, zaostaje pomak zdjelice na zdravoj strani za vrijeme inicijalnog kontakta i na bolesnoj strani za vrijeme faze odgurivanja. Javlja se kraći korak zdrave noge zbog zakašnjelog pokreta naprijed ipsilateralnog kuka.

## ZAKLJUČAK

Nezamjenjiva čovjekova potreba kako sa sociološkog tako i s funkcionalnog načina gledanja je upravo hod. Evolucija hoda omogućila je čovjeku najbolji način prilagodbe na okolinu i dala mu moć stjecanja prevlasti u prirodi. Hod je vrlo kompleksni sustav koji zahtijeva poseban osvrt i kojeg možemo analizirati iz više područja znanosti. U hodu sudjeluje cijelo tijelo i poremećaj bilo kojeg dijela, posebice donjih ekstremiteta dovodi do značajnih problema. Ciklus hoda sadrži fazu oslonca i fazu njihanja, a u svakoj sudjeluju određeni mišići i zglobovi koji ritmičkim djelovanjem prenose tijelo kroz prostor. Procjena hoda, odnosno opservacija i metode suvremene analize daju najbolju sliku kretanja tijela kroz prostor, a pomoću dobivenih parametara analiziramo najmanji detalj koji nas zanima. Znajući normalne obrasce hoda lako prepoznamo patološke koji mogu biti neuromuskularne odnosno koštanozglobne prirode. Kao

reakcija na patološke obrasce javljaju se kompenzatorni mehanizmi koji privremeno daju dojam donekle normalnog ciklusa hoda.

## SAŽETAK

Razvoj bipedalizma bio je ključan za čovjekovu superiornost nad ostalim primatima i prilagodbu na novi, brži način života. No taj proces bio je vrlo dugotrajan i postepen. Čovjek je uočio važnost slobodnih ruku i manje površine tijela ponajprije zbog fizioloških potreba. Izuzetno je bitna postupnost u razvoju hoda čovjeka, odnosno dijete od malena uči vještine koje odrasla osoba koristi u hodu.

Hod je ritmičko pokretanje tijela kroz prostor pri kojem sudjeluju brojni mišići i zglobovi. Ciklus hoda dijelimo u fazu oslonca i njihanja. Vrlo je važno potrošnju energije svesti na minimum a efikasnost rada na maksimum pri čemu nam pomaže pomak težišta tijela. Parametre hoda dijelimo na centar gravitacije, vremenske i prostorne parametre, te oscilacije zdjelice koje se događaju oko vertikalne, sagitalne i frontalne osi. Uloga zglobova i mišića je velika jer pomaže pri održavanju posture i omogućuje tijelu pokret prema naprijed. Najvažniji mišići koji sudjeluju u hodu su mišići donjih ekstremiteta dok mišići trupa i gornjih ekstremiteta pomažu u koordinaciji i balansu ravnoteže. Hod možemo proučavati i biomehanički, odnosno djelovanje sila

na čovjeka i posljedica koje nastaju djelovanjem tih sila. Procjena hoda uključuje opservaciju i suvremene metode. Pomoću opservacije tijelo promatramo kroz frontalnu, sagitalnu i transverzalnu ravninu i uočavamo oscilacije segmenata tijela, razne kompenzatorne mehanizme, specifične faze hoda, trajanje ciklusa i mnoge druge. Suvremenim metodama kao što su kinetička i elektromiografska metoda dobivamo brojne parametre koje možemo iskoristiti u prikazu tijela kroz prostor, odnosno u procjeni mišićne sile u bilo kojem trenutku mjerenja. Važna je uloga stopala i njegovih lukova koji osiguravaju gibljivost i prilagodljivost tijekom kretanja. Patološki obrasci hoda imaju brojne uzroka od neuromuskularne, kao što su parkinsonov ili ataksičan hod do mišićnokoštane koja podrazumijeva slabost ili disfunkciju određenih mišića. Na takve obrasce javljaju se brojni kompenzatorni mehanizmi koji dovode do nepravilnosti hoda i koji se vremenom iscrpe pa problem postaje još veći.

## SUMMARY

The development of bipedalism was crucial for human superiority over the other primates and his adaptation to the new, fast way of life. However, this process was very long and subsequent. A man has noticed the importance of free hands and smaller body surface primarily because of his physiological needs. The subsequence in the development of a human walk is very important, i.e. early on, a child learns the skills which an adult person uses in his or her walk. A walk is the rhythmical movement of the body in space, in which numerous muscles and joints take part. The cycle of the walk is divided into the supporting phase and the swaying phase. It is very important that the energy consumption is on the minimum and the efficiency of the work on the maximum with the locus shift of the body. The walk parameters are divided into the gravity centre, time and spatial parameters, and pelvis oscillations which happen around vertical, sagittal and frontal axis. The role of joints and muscles is big, because they help with keeping the posture and enable the body to move forward. The most important muscles which take part in the walk are the muscles of lower extremities, whereas the body muscles and the muscles of higher extremities help with the coordination and the

balance. The walk can be studied biomechanically as well, i.e. the impact of the force on the human being and the consequences which occur as a result of their activity. The estimate of the walk includes the observation and the contemporary methods. With the observation, the body is analysed through the frontal, sagittal and transversal level and we can notice the oscillation of the body segments, various compensatory mechanisms, specific phases of the walk, the length of the cycle and many others. With the contemporary methods, like the kinetic and electromyographic method, we can get various parameters, which can be used in the presentation of the body in space, i.e. in the estimate of the muscular force in every moment of measuring. The important role have the foot and its curves, which ensure the elasticity and flexibility during the activity. Pathological walk patterns have numerous causes, i.e. from neuromuscular like Parkinson's or ataxic walk to musculoskeletal which underlies the weakness or the dysfunction of certain muscles. Many compensatory mechanisms appear to these patterns and they lead to the irregularity of the walk, exhaust themselves over the time and the problem becomes even bigger.

**Topic name: Physiotherapeutic walk assessment**  
**LITERATURA**

1. Dodig M., -, „Biomehanika čovječjeg tijela“. Rijeka, 1994.
2. Fanghanel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R. - „Waldeyerova anatomija čovjeka“. Golden marketing-tehnička knjiga, 2009.
3. Marinko Erceg - „Ortopedija“. 1. izdanje, Split, 2009.
4. Keros P., Pećina M. - „Funkcijska anatomija lokomotornoga sustava“. Zagreb, Naklada Ljevak, 2006.
5. Marija Majkić - „Klinička kineziometrija“. 3. izdanje, Zagreb, 1989.
6. Brinar V., Brzović Z., Vukadin S., Zurak N. - „Neurologija“. Prometej, 1996.
7. Roje T.- „Klinička kineziologija s kineziometrijom“. nastavni tekstovi, 2003



8. Malanga G., DeLisa J.A.- „Clinical Observation“.  
<http://www.rehab.research.va.gov/mono/gait/malanga.pdf>
9. Jurak I. - „Kinematička analiza hoda“. završni rad ,Zagreb, 2009.
10. Černauš N.- „Evolucija hominida“. seminarski rad, 2014.
11. Bajrić O. - „Biomehanika sa kineziologijom“. skripta, 2010.

## ŽIVOTOPIS

Zovem se Ante Uzelac, rođen sam u Vinkovcima 15. veljače 1994.g. u četveročlanoj obitelji. Osnovnu školu upisujem u Vinkovcima, a završavam u Posedarju, gdje s obitelji selim s 12 godina. Srednjoškolsko školovanje nastavljam u Zadru, gdje upisujem Opću gimnaziju Vladimir Nazor. Sudjelovao sam na raznim natjecanjima, a zapažene uspjehe ostvarujem na natjecanjima iz povijesti i geografije. Nakon završetka srednje škole odlučujem se za preddiplomski studij fizioterapije u Splitu koji završavam u roku. Tečno govorim engleski jezik, a također vladam osnovama njemačkog jezika. Radio sam mnoštvo sezonskih poslova, kao skladištar i kao redar. U slobodno vrijeme

bavim se športom i umjetnošću. Nakon završetka treće godine studija planiram odraditi staž, te nastaviti obrazovanje upisom na diplomski studij fizioterapije.

## SADRŽAJ

UVOD.....	2
1.CILJ RADA.....	3
2.RAZVOJ HODA U ČOVJEKA I NJEGOVE KARAKTERISTIKE.....	4
2.1.Evolucijski razvoj bipedalizma.....	4
2.2.Razvoj hoda životnog ciklusa čovjeka.....	7
2.3.Osnovne karakteristike normalnog hoda.....	9
2.3.1.Ciklus hoda.....	9
2.3.2.Parametri hoda i čuvanje energije.....	13
2.3.2.1.Centar gravitacije.....	13
2.3.2.2.Prostorni parametri.....	13

2.3.2.3.Vremenski parametri.....	14
2.3.2.4.Oscilacije i rotacije zdjelice.....	14
2.3.2.5.Potrošnja i čuvanje energije.....	15
2.3.3.Biomehanika hoda.....	16
2.3.3.1.Anatomsko-funkcionalni model kinetičke strukture.....	18
2.3.3.2.Težište tijela.....	22
2.3.4.Aktivnost mišića i uloge zglobova u hodu.....	23
2.3.4.1.Aktivnost mišića u fazi dvostrukog oslonca.....	24
2.3.4.2.Aktivnost mišića u fazi jednostrukog oslonca.....	24
2.3.4.3.Aktivnost mišića trupa i ramena.....	26
2.3.4.4.Uloga kuka, koljena i gležnja u hodu.....	29
3.PROCJENA HODA.....	30
3.1.Observacija hoda.....	31
3.1.1.Pregled pokreta u sagitalnoj ravnini.....	32
3.1.2.Pregled pokreta u frontalnoj ravnini.....	34
3.1.3.Pregled hoda u horizontalnoj ravnini .....	35
3.2.Suvremeni načini analize hoda.....	37
3.2.1.Metode mjerenja biomehaničkih karakteristika kinetičkog sustava.....	37
3.2.1.1.Kinematografska metoda.....	37
3.2.1.2.Tenziometrijska metoda.....	38
3.2.1.3.Dinamometrijska metoda.....	38
3.2.1.4.Kineziometrijska metoda.....	39
3.2.2.Elektromiografija.....	40
4. KARAKTERISTIČNI ZNAKOVI I KOMPENZATORNI MEHANIZMI KOD PATOLOŠKIH OBRAZACA HODA .....	41
4.1.Koštano zglobni uzroci patološkog obrasca hoda.....	41
4.1.1.Patologija zgloba kuka.....	41
4.1.2.Patologija zgloba koljena.....	41

4.1.3. Patologija zgloba gležnja i stopala.....	42
4.1.4. Odstupanja u duljini noge.....	42
4.2. Neurološki uzroci patološkog hoda.....	43
4.2.1. Hemiplegični hod.....	43
4.2.2. Spastični hod.....	44
4.2.3. Parkinsonov hod.....	44
4.2.4. Ataksičan hod.....	45
4.2.5. Hod kod periferne lezije n.peroneus.....	45
4.3. Patološki hod uzrokovan mišićnom slabošću.....	46
4.3.1. Slabost m.gluteus maximus.....	46
4.3.2. Slabost m.psoas major.....	46
4.3.3. Slabost m.gluteus medius.....	46
4.3.4. Slabost m.quadriceps.....	48
4.3.5. Slabost dorzifleksora.....	48
4.3.6. Slabost m.gastrocnemius.....	48
ZAKLJUČAK.....	49
SAŽETAK.....	50
SUMMARY.....	51
LITERATURA.....	52
ŽIVOTOPIS.....	53
SADRŽAJ.....	54