



# Mastergradsoppgave

Tittel: Sidepreferanse under faseskiftet fra gange til løp hos mennesker, på tredemølle ved ulik stigning

Title: Side preference during change of gait from walk to run for humans, on a treadmill with different incline

Frode Reinås

MKØ210

Mastergradsoppgave i kroppsøving og idrettsvitenskap

Avdeling for lærerutdanning

Høgskolen i Nord-Trøndelag - 2015



**HINT**



**HINT**

## SAMTYKKE TIL HØGSKOLENS BRUK AV MASTEROPPGAVE

**Forfatter:** Frode Reinås

**Norsk tittel:** Sidepreferanse under faseskiftet fra gange til løp hos mennesker, på tredemølle ved ulik stigning

**Engelsk tittel:** Side preference during change of gait from walk to run for humans, on a treadmill with different incline

**Kryss av:**

Jeg samtykker i at oppgaven gjøres tilgjengelig på høgskolens bibliotek og at den kan publiseres på internett i fulltekst via BIBSYS Brage, HiNTs åpne arkiv

Min oppgave inneholder taushetsbelagte opplysninger og må derfor ikke gjøres tilgjengelig for andre  
Kan frigis fra: \_\_\_\_\_

**Dato:**

\_\_\_\_\_  
underskrift

## **Forord**

Under arbeidet med oppgaven opplevde jeg ofte å havne mellom to attraktorer. I den forstand at det var mange tanker og meninger om hva det var rundt faseskiftet jeg skulle lande på.

Dette gjorde at det ble noen kritiske fluktusjoner underveis, typisk for når man blir dratt mellom attraktorer og havner i et ustabil område uten en stø kurs. Jeg klarte likevel å smalne oppgaven min inn på betydningen av sidedominans under initieringen av en ny fase. Dette er i liten grad blitt utforsket tidligere. I tillegg ble viktigheten av individuell tilpasning vektlagt.

Dette gjorde at det var mye teori å holde styr på, og jeg igjen fant meg mellom attraktorer, med følgende kritiske fluktusjoner. Veilederne mine Tore Kristian Aune og Rolf Petter Ingvaldsen gjorde således en god jobb med å holde meg på stø kurs. Så takk til dem!

# **Sidepreferanse under faseskiftet fra gange til løp hos mennesker, på tredemølle ved ulik stigning**

**Reinås, F.**

Høgskolen i Nord Trøndelag

## **Sammendrag**

Hvordan spiller sidedominansen vår inn når vi skifter bevegelsesmønster? Det ble tatt utgangspunkt i initieringen av første løpssteg under faseskifte fra gange til løp. Videre ble det sett på individuelle tilpasninger til dette skiftet. For å finne forklaring på hvordan vi tilpasser oss rammebetingelsene i omgivelsene, oppgaven og kroppen, også omtalt som constraints av Newell (1986), og mulighetene for individuell tilpasning, ble dette knyttet opp mot dynamisk systemteori (DSA) utviklet av blant annet Hermann Haken (1977).

Åtte forsøkspersoner ble testet ved to betingelser, flatt og 18% stigning, på en tredemølle. Forsøkspersonene ble filmet med Qualisys kamera for å finne initieringsfot. I tillegg ble filmene analysert i R., noe som gjorde det mulig å finne blant annet hastighet under faseskifte.

Store individuelle forskjeller på tilnærmingen til faseskiftet ble funnet. Dette er i tråd med den individuelle tilpasningen, som ligger til grunn for DSA.

Fem av åtte forsøkspersoner hadde en signifikant preferanse ( $p \leq 0,05$ ) mot å initiere på én fot. Fire på sin dominante, og en på sin nondominante. De to forsøkspersonene som var løpere hadde klarest preferanse mot å initiere på sin dominante fot. Dette kan komme av liten fleksibilitet i forhold til initieringsfot, men også høyere krav til løpssteknikk enn gjennomsnittet. Fleksibilitet under initiering av spurt hos løpere, må uansett bli studert nærmere med mer situasjonsspesifikke rammebetingelser.

Nøkkelord: Constraints, rammebetingelser, dynamisk systemteori, sidepreferanse, faseskifte

## **Side preference during change of gait from walk to run for humans, on a treadmill with different incline**

**Reinås, F.**

Nord Trøndelag University College

### **Summary**

Which role does our side preference play when we change movement strategies? The first step of running when we change gait from walk to run was investigated. Further, how we adapt to the change of gait individually was also investigated. To find an explanation to how we adapt to the constraints in the environment, the task and our body, and the possibilities of individual adaptation, dynamic systems theory (DSA), developed by Hermann Haken (1977) amongst others, was used.

Eight test persons were studied within two conditions, even and 18% climb, on a treadmill. To find the foot which initiated run, Qualisys cameras was used. The movies were analyzed in R., which made it possible to find the velocity during the phase shift.

Individual differences regarding the approach of the gait change were found. This is in line with the individual accommodation found in DSA

Five out of eight test persons were found to have a significant preference ( $p \leq 0,05$ ). Four persons on their dominant foot, and one person the non-dominant foot. The test persons with a background from competition running had the strongest tendency to initiate run with their dominant foot. This may indicate a dependency toward initiating run with their dominant foot, something that may also act on efficiency when initiating a sprint. This must be studied with more situation specific constraints, in an environment with the same demands as initiating a sprint in a competition.

Key words: Constraints, dynamic systems theory, side preference, phase shift.

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord .....</b>	<b>3</b>
<b>Sammendrag.....</b>	<b>4</b>
<b>Summary .....</b>	<b>5</b>
<b>Innledning .....</b>	<b>8</b>
Dynamisk systemteori.....	8
Frihetsgrader .....	10
Ulik spesifisitet .....	11
Evolusjon .....	12
Grad av sidedominans .....	13
Faseskift .....	13
Hovedspørsmål .....	14
<b>Metode.....</b>	<b>15</b>
Førsøkspersoner .....	15
Eksperimentelt design .....	15
Testoppsett.....	16
Prosedyre .....	16
Instrumenter.....	17
Analyse .....	17
<b>Resultater .....</b>	<b>18</b>
Hastighet for faseskifte .....	18
Hastighet for faseskifte på individnivå .....	19
Preferanser for hvilken fot som initierer faseskiftet, gange-løp .....	21
Fotpreferanse individnivå .....	23
Kinematisk analyse av faseskiftene på individnivå.....	24
<b>Diskusjon .....</b>	<b>27</b>
Faseskiftet .....	27
Hysteresse .....	28
Individuelle forskjeller .....	29
Sidepreferanse .....	29

Ulik spesifisitet .....	30
Årsaker til ulik tilpasning .....	30
Bakgrunn og erfaring .....	31
Konklusjon.....	32
Implikasjoner .....	32
Forslag til videre forskning .....	32
<b>Litteraturliste .....</b>	<b>33</b>
<b>Figurer.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabeller .....</b>	<b>36</b>

## **Innledning**

Jeg har merket meg at når jeg skal starte en spurt, og jeg selv bestemmer starttidspunktet, foretrekker jeg konsekvent å bruke min dominante fot til å initiere spurten. Hvordan vil denne preferansen virke inn når kravene endres og det ikke kommer på det samme når jeg starter spurten?

Hvordan vil dette være i forhold til individuelle forskjeller? Med tanke på at folk har ulik bakgrunn, ulike erfaringer og ulik grad av sidedominans. Og hvordan vil sidepreferanse påvirkes av ulike betingelser?

Under doggistroening (små spurter med hurtige vendinger) har jeg observert at nesten samtlige snur den samme veien for hver vending. Dette virker å være ugunstig med tanke på arbeidsøkonomi, da det er store krav til kraft når man skal stoppe bevegelsesenergien og gjøre den om til ny bevegelsesenergi. Å kun snu en vei vil gi omtrent den samme belastningen på de samme musklene for hver gang, noe som vil føre til raskere opphoping av laktat i de gjeldende musklene. Hoyt og Taylor (1984) fant at arbeidsøkonomi var av stor betydning med tanke på hvordan vi handler i tråd med omgivelsene. Veier kravet til effektivitet og kraft tyngre derimot, vil man som eksemplifisert her handle på en annen måte. I dette eksemplet har sidedominans en avgjørende betydning for bevegelsesløsningen. Noe som kan ha både positive og negative konsekvenser.

Hvordan sidedominans spiller inn på hvordan vi tilpasser oss omgivelsene, og hvor mulighetene og begrensingene ligger når det kommer til sidedominans er tema for det følgende. Her vil dette fenomenet i faseskift fra gange til løp bli forsøkt belyst ut fra dynamisk systemteori (DSA) med fokus på evne til å tilpasse seg kravene fra omgivelsene.

### **Dynamisk systemteori**

Selvorganisering og bytte av bevegelsesløsning, som skiftet mellom gange og løp, hos mennesker er foreslått å være i tråd med naturens lover (Kelso, 1984). Dette skiftet blir omtalt som et ikke-likevektig-faseskifte (Diedrich og Warren (1995)). I DSA tar en utgangspunkt i at dette er et fenomen på linje med når en koker opp vann, atomer får plutselig en helt annen orden (ordensparameter) med hjelp av en liten endring i temperatur (kontrollparameter) (Turvey, 1990, s. 947. Kelso (1984) beskriver årsaken for et slikt faseskifte gjennom at det ved kritiske verdier av en kontrollparameter oppstår ustabilitet i systemet, som medfører opprettelsen av et nytt stabilt system. Typisk for slike skifter er at verdiene på kontrollparameteren under faseskiftet er høyere ved stigende verdier enn ved fallende verdier



på kontrollparameteren. Forskjellen mellom verdiene ved faseskiftet på stigende hastighet f.eks. gange til løp og synkende hastighet, f.eks. løp til gange, kalles hysterese. Dette blir betegnet av Haken (1977) som ett usikkerhetsområde som kan registreres som recoverytime ved pertubasjon av bevegelsesmønstret.

Faseskiftet hos mennesker ser ut til å bli styrt på samme måte, ifølge denne teorien. Ved en liten økning i hastighet (kontrollparameter) endres bevegelsesløsningen (ordensparameter) plutselig, for eksempel fra gange til løp. Systemet søker stabilitet og vil i tråd med dynamisk systemteori, utviklet av Herman Haken (1977), selvorganisere seg mot den mest effektive attraktoren. Diedrich og Warren (1995) beskriver en attraktor slik: *“An attractor is a locus of points in state space (representing the variables of the system's behavior) toward which a dynamical system returns following a perturbation”* (s. 184). Gange og løp er derfor to slike attraktorer som systemet synes å selvorganisere seg til avhengig av blant annet hastighet.

I dynamisk systemteori blir miljøet og omgivelsene, krav til oppgaven og personlige forutsetninger sett på det som legger rammebetingelsene for vår bevegelse, også omtalt som constraints (Newell, 1986). Sidedominans vil være en rammebetingelse som går under personlige forutsetninger. Rammer lagt av krav til oppgaven og fra miljøet vil være med på å bestemme hvilken hånd eller fot som brukes i den bestemte situasjonen, sammen med de personlige forutsetningene.

Er kravet til nøyaktighet høyt og man er i en stressa situasjon er det lett å tenke seg at man vil bruke dominant fot eller hånd. Er det andre krav i oppgaven, f.eks. at man må handle hurtig og effektivt kan det være mer gunstig å bruke nondominant fot eller hånd. Hvor skillet på hvilken side man bruker går, hvor individuelt det er og hvordan det påvirkes med tanke på grad av sidedominans og erfaring, er interessante spørsmål. Hvor dette skillet går vil kunne være avgjørende for hvor effektivt vi handler i gitte situasjoner, f.eks. på idrettsbanen når vi skal initiere en spurt.

Mengden av frihetsgrader utløst på dominant kontra nondominant side på de aktuelle kroppsdelene som er involvert vil kunne være avgjørende for hvor denne grensen går.

## **Frihetsgrader**

Et sentralt spørsmål når det gjelder motorisk kontroll og læring er hvordan man skal kunne kontrollere alle frihetsgradene, det vil si alle måter man kan handle på og alle måter leddene kan beveges på. Rammebetingelser i miljøet, oppgaven og hos personen legger premissene for selve handlingen og forminsker antallet frihetsgrader. Hvordan man kontrollerer antallet frihetsgrader i den ønskete bevegelsen er likevel mer kompleks enn som så. Nicolai Bernstein (1967) kom opp med teorien om at man har mulighet til å fryse antallet frihetsgrader i sentralnervesystemet for å gjøre det hele mer overkommelig, for så å løse de ut i tråd med oppgaven og miljøet ettersom man lærer og får erfaring. Man kan si at man skyver grensene for å hele tiden handle mer effektivt. Måten det gjøres på er å løse ut frihetsgradene, få kontroll på dem og bruke dem hensiktsmessig i tråd med kravene til oppgaven. Vereijken, Whiting og Newell (1992) beskriver det som at man utøser frihetsgradene etter hvert som man lærer, og inkorporerer dem inn i et dynamisk, kontrollerbart system.

For å kunne håndtere en oppgave vil en typisk låse frihetsgrader man ikke trenger i bevegelsene. Nybegynnere gjør ofte dette i større grad enn erfarne personer som kan frigjøre frihetsgrader for å bedre sin arbeidsøkonomi, presisjon eller effektivitet. Vereijken et al. (1992) peker på at låsing av frihetsgradene ofte skjer bilateralt. Dette gjør og at de ulike sidene handler likt, dermed blir det mindre å holde kontroll på og mindre å forholde seg til.

Når man så løser ut frihetsgradene ble det funnet at frihetsgradene ble løst ut kontralateralt. Det vil si at frihetsgradene på den ene siden ble løst ut først, mens frihetsgradene i de parallelle leddene på den andre siden forble uforandret og i noen tilfeller også mer låst, altså at det ble enda mindre bevegelse og variasjon i vinklene.

Det å ha utløste frihetsgrader på begge sider, og at sidene klarer å handle mest mulig uavhengig av hverandre, synes derfor å være noe som karakteriserer ekspertene. Dette forutsatt at det er gunstig at frihetsgradene er løst ut på begge sidene for å handle mest mulig effektivt. Noen ganger kan det være at det lønner seg å spesifisere seg på den ene siden. Dette kommer an på kravene man møter i oppgaven.

Å løse ut frihetsgradene beskrives av Vereijken et al. (1992) som en generell strategi som er veldig oppgavespesifikt i forhold til rammene i miljøet og kravene i oppgaven. Dette kan gjøre at det er individuelle måter å initiere f.eks. et faseskift fra gange til løp, ut fra rammebetingelsene som er tilstede for den enkelte.

Stressede situasjoner kan gjøre at man låser frihetsgrader ifølge Higuchi, Imanaka og Hatayama (2002). Er man stresset og kanskje i tillegg begynner å tenke på hva man skal gjøre, er det lett å se for seg at man ikke klarer å handle optimalt i tråd omgivelsene. Rammebetingelsene gjør at man ikke stoler tilstrekkelig på seg selv til å slippe seg løs, frihetsgradene låses og det kognitive kobles inn som en sikkerhet. Dermed kan stress være en faktor som påvirker hvor fleksibel man er med tanke på sidepreferanse i enkelte situasjoner.

### **Ulik spesifisitet**

Seeley, Umberger og Shapiro (2007) så nærmere på hvilken fot som bidro mest til fremdrift og hvilken fot som bidro mest til støtte under gange, gjennom å se på kreftene som virket ned mot underlaget. De fant at jo høyere hastigheten ble, dess mer bidro dominant fot til fremdrift i forhold til nondominant fot. Den høyeste forskjellen de fant mellom føttene var på 7% når det kom til fremdrift. Graden på disse ulikhetene og området for hvor de gjelder er imidlertid uklart.

Mork (1998) fant at dominant fot var mer involvert i styring, mens nondominant fot var mer involvert i å holde rytmen når man satt på en stol og skulle pendle beina frem og tilbake. Dette tyder på at sidene kan ha hver sin spesifisitet og hver sin oppgave.

De Poel, Peper og Beek (2006) og de Poel, Lieke, Peper og Beek (2008) fant gjennom forsøk på fingerpendling (i-fase og ut-av-fase) med perturbasjoner at dominant hånd ledet an når det gjaldt å bytte fase. Dominant hånd ble heller ikke påvirket av perturbasjon på nondominant hånd, mens nondominant hånd ble påvirket av perturbasjon på dominant hånd. Dette er funn som kan minne om funnene til Mork (1998) når det gjelder hvordan dominant side styrer og leder an i overgangen til et nytt bevegelsesmønster.

Seeley et al. (2007) påpeker hvordan ulik spesifisitet fungerer i andre øvelser på føttene. Dette kan være når man sparker en ball, eller går opp på en stol, hvor dominant fot sørger for fremdrift og nondominant fot tar imot kraften. At det skal finnes like eksempler når det gjelder initiering av faseskiftet fra gange til løp, eller initieringen av en spurt, ved at dominant fot er spesifisert i forhold til initiering, er derfor ikke utenkelig.

Det at føttene evner å handle ulikt, skaper en likhet gjennom ulikhet som Bernstein (1967) viste at var en nøkkelfaktor for å handle stabilt. Sadeghi (1997) peker også på at sidene kompensere for hverandre ved at de har ulike egenskaper, noe som skaper en stabilitet, og kanskje også en spesifisitet. En slik spesifisitet kan derimot også legge begrensninger i visse situasjoner, og påvirke hvor tilpasningsdyktig man blir. De ensidige vendingene jeg observerte under doggistrening kan være en slik situasjon, hvor spesifisiteten legger begrensninger.

Det er viktig å påpeke at forskningen som er gjort i stor grad er gjort på høyredominante. Ulikhetene mellom sidene kan være annerledes for venstredominante med bakgrunn i teori om forbindelser gjennom corpus collosum og bilateral transfer, som foreslår at den bilaterale transferen er større fra dominant til nondominant side for venstrehendte (Pan og Van Gemmert, 2013).

Seeley et al. (2007) og Sadhegi (1997) gjorde forsøk på gange over kraftplattformer. Noe som kan minske validiteten, grunnet fokuset på å treffe plattformene og innvirkningen det har på stegene. Derfor kan det være interessant å kunne teste dette i en annen setting.

## **Evolusjon**

Ulike egenskaper for dominant og nondominant fot kan være gunstig i forhold til tanken om å spesifisere seg på en side. Det å skulle behandle redskaper med stor presisjon har ifølge Cashmore, Uomini, Chapelain og Anthropol (2008) tvunget frem en tydelig sidedominans gjennom evolusjon. Hopkins og Pearsons (2000) har sett på sidedominans hos aper, og funnet at de kan være sidedominant til forskjellige retninger, avhengig av oppgave. Derfor kan man tenke seg at både evnen til å lære, samt en medfødt sidedominans er egenskaper tvunget frem gjennom evolusjon. Denne sidedominansen i forhold til oppgavene kan komme som en følge av kravene i miljøet og hvordan man tilpasser seg dem. Jeg er venstredominant på både hånd og fot, men jeg foretrekker å styre pc-musa med høyre hånd, og jeg kunne ikke ha forestilt meg at jeg hadde styrt gassen med like stor nøyaktighet med venstrefoten når jeg kjører bil. Dette indikerer at man tilpasser seg kravene man står ovenfor, og at sidedominans ikke er en 100% fast eller låst egenskap.

I forhold til evolusjon er vi ikke utviklet for å handle mest mulig effektivt på en idrettsbane hvor det ofte kan være gunstig å være uavhengig i forhold til sidedominans. Dette betyr imidlertid ikke at vi ikke har mulighet til å tilpasse oss og bli mer uavhengig i forhold til

sidedominans, ved trening. Om man våger å slippe seg løs, handle i tråd med miljøet og dermed frigjøre frihetsgradene.

### **Grad av sidedominans**

Ut fra gener har sidedominans blitt sammenlignet med øyefarge ifølge Donaldson og Johnson (2006). Genet for venstredominans blir her et recessivt gen, mens genet for høyredominans blir et dominant gen. En med et recessivt og et dominant gen vil bli høyredominant, men muligens med andre egenskaper når det kommer til sidedominans, enn en som har to dominante gen. Å forklare sidedominans på samme måte som øyefarge kan likevel være en overforenkling ifølge Donaldson og Johnson (2006):

*«In reality, hand preference is likely to involve many genetic factors, which suggests that laterality has a polygenic foundation. In this light, handedness may be better explained as being analogous to height or intelligence, rather than a simple characteristic such as eye colour» (s. 3)*

Det virker ikke å være så enkelt som at man enten er høyrehendt eller venstrehendt. Dette gjør det også mulig å være f.eks. høyrehendt og venstrebeint. Å være helt likegyldig i forhold til sidedominans er likevel ifølge Donaldson og Johnson (2006) svært sjeldent. Å ha en sidedominans virker derfor viktig sett ut fra evolusjon, selv om graden av den er individuell.

Et interessant spørsmål vil være hvordan grad av sidedominans påvirker mulighetene for læring på nondominant side.

### **Faseskift**

#### ***Sidedominans***

De Poel et al. (2006) kom som nevnt frem til at dominant side ledet an når det kom til å initiere faseskift på fingerpendling. Hvordan lateralitet påvirker initieringen av faseskiftet mellom gange og løp vil derfor være interessant å se nærmere på i forhold til hvor avhengige vi er av å initiere og takle ustabilitet med dominant fot og hvordan vi tilpasser oss.

Vereijken et al. (1992) peker på at frihetsgradene løses ut for at man skal handle mest mulig effektivt med miljøet. Derfor kan det tenkes at om man er trygg teknisk, og har løst ut frihetsgradene kontralateralt, kan foreta faseskiftet mer effektivt og uavhengig av nondominant og dominant fot. Derfor vil initiering av første løps-steg i forhold til sidedominans være interessant å se på sammen med idrettsbakgrunn hos de som utfører faseskiftet

## ***Hysteresese***

Li (2000) fant at faseskiftet fra gange til løp skjedde ved en høyere hastighet enn faseskiftet fra løp til gange. Dette kan komme av at man helst vil være i den fasen man er i, når man blir påvirket av to attraktorer, muligens grunnet utfordringene ved å skifte fase.

Li (2000) fant også at mengden av akselerasjon og deselerasjon påvirket faseskiftehastighet (FSH). Ved høy grad av akselerasjon og deselerasjon skjedde overgangen fra gange til løp på en høyere hastighet enn overgangen fra løp til gange. Ved lav grad av akselerasjon og deselerasjon skjedde faseskiftet fra gange til løp på lavere hastighet enn fra løp til gange ifølge Li (2000). Motsatt av det Thorstensson og Roberthson (1987), som testet på akselerasjoner og deselerasjoner fra 0.18 til 0.4 km/t<sup>2</sup>, og Prilutsky og Gregor (2001) fant, men det samme som Turvey, Holt, LaFiandra og Fonsesca (1999) fant. Faseskiftet blir ifølge Li (2000) funnet å være likt fra de to retningene ved en akselerasjon/deselerasjon på 0,25km/t<sup>2</sup>.

Når faseskiftet opp skjer på en høyere verdi av kontrollparameteren enn faseskiftet ned får vi en hysteresese-effekt. Dette er en forsinkelse i faseskift som er typisk for dynamiske systemer og som definerer et usikkerhetsområde ifølge Haken (1977). Hvis faseskiftet på vei opp skjer på en lavere verdi av kontrollparameteren på opp enn på vei ned, som funnet av Li (2000) på lavhastighet, får vi en negativ hysteresese, dette fenomenet er ikke like godt undersøkt (Dotov, 2013).

## **Hovedspørsmål**

- I. I hvor stor grad er man avhengig av å bruke dominant fot til å initiere et faseskifte fra gange til løp?
2. Er det individuelle forskjeller i faseskiftet? Hvordan vil bakgrunn og erfaring hos forsøkspersonene påvirke hvordan og når man initierer et faseskifte?
3. Hvordan oppfører et eventuelt hystereseseområde som beskrevet av Haken (1977) seg ved de ulike betingelsene?
4. Vil man ved økt motstand og dermed økte krav til kraft og nøyaktighet bli mer avhengig av å bruke dominant fot når man skal initiere et faseskifte?

## Metode

For å finne svar på forskningsspørsmålene mine foretok jeg tester på ei tredemølle som akselererer og retarderer. Der så jeg nærmere på initieringen av faseskiftet fra gange til løp.

Betegnelsene på hastighet som er brukt i oppgaven er kilometer i timen grunnet at det er den betegnelsen som de fleste, inkludert meg selv, har et forhold til. Dette gjør at tallene blir klarere.

### Førsøkspersoner

Det ble testet åtte forsøkspersoner totalt. Av dem var syv menn og en kvinne. Deltakerne var fra 19 til 27 år. Alle med en aktiv idrettsbakgrunn. Sykling, fotball, handball, løping, skiskyting og volleyball er noen av idrettene representert.

Ingen av personene hadde større enn 2 cm forskjell i beinlengde. Større forskjell enn det vil kunne påvirke egenskapene til føttene i så stor grad at ulike egenskaper mellom føttene vil være grunnet denne forskjellen i beinlengde, ifølge Seeley et al. (2007).

Førsøkspersonene hadde heller ikke en skadehistorikk som kunne påvirke testresultatene.

Alle var, ved tilfeldighet, høyredominant på føtter.

**Tabell 1: Oversikt over forsøkspersonene. Den idretten forsøkspersonen hadde størst erfaring fra står først.**

Førsøksperson	Vekt	Høyde	Alder	Fotdominans	Bakgrunn	Kjønn
Førsøksperson 1	69	177	27	Høyre	Løp	Mann
Førsøksperson 2	74	176	26	Høyre	Løp, fotball	Mann
Førsøksperson 3	73	182	19	Høyre	Skiskyting, volleyball	Mann
Førsøksperson 4	68	170	25	Høyre	Handball, fotball	Kvinne
Førsøksperson 5	80	190	26	Høyre	Fotball, ski	Mann
Førsøksperson 6	82	183	19	Høyre	Fotball	Mann
Førsøksperson 7	76	181	26	Høyre	Fotball, løp	Mann
Førsøksperson 8	72	178	19	Høyre	Sykkel, badminton	Mann

### Eksperimentelt design

Testene foregikk på tredemølle, og ved to betingelser. Flatt og 18 % stigning. For hver betingelse ble det kjørt åtte sykluser opp og ned. Fra 1 km/t til 10 km/t på flatt, og fra 1 km/t til 8 km/t på stigning.

Test med stigning ble gjort for å gjøre faseskiftet enda mer utfordrende, for å se om sidedominansen endret seg. Grunnet hellingen vil man ikke ha like mye hjelp av passive krefter, under initieringen av faseskiftet. Passive krefter beskrives av Pennycuick (1995) som kroppens evne til gjenbruke energi ved hjelp av kroppens elastisitet.

Mølla var uten noen form for støtte på siden grunnet innsyn for kamera. Dette kan ha vært med på å gjort forsøkspersonene mer forsiktig og nervøse. Dette ble funnet ikke å være noen ulempe ettersom det skjerpet kravene til nøyaktighet. Muligens gjør nervøsitet at frihetsgrader blir låst også, som vist av Higuchi et al. (2002). Dette spiller derimot ikke noen rolle når man skal finne forskjeller på dominant og nondominant fot når det gjelder initiering, og vil heller kunne tydeliggjøre forskjeller på føttene.

### **Testoppsett**

6 Qualisys Motion Capture Systems ble brukt til å filme forsøkspersonene på mølla. Markører ble satt på standardiserte plasser: En ved vær hofte, lengst inn på hoftekammen, slik at armene ikke ble en forstyrrende faktor. En over hvert kne, en på siden av hvert kne og en under hvert kne. En ved hver hukkukul, en ved hver hel og en ved hver tå

### **Prosedyre**

En tilvenningsperiode til mølle trengtes ikke, ettersom alle testpersonene hadde løpt mye på tredemølle tidligere. Økende og synkende hastighet som dette var ingen vant med, men i forhold til forskningsspørsmålene var det ingen ulempe at dette var litt uvant og uforutsigbart.

Test av sidedominans ble foretatt etter forsøkene for at det ikke skulle være med å påvirke testresultatene på noen som helst måte. Test av sidedominans før forsøkene kunne gjort at forsøkspersonene ble ekstra skjerpet på å gjøre noe bra med nondominant fot, eventuelt at de ville ha vist hvor uavhengige de er av fot da det i mange settinger, spesielt blant idrettsutøvere, blir sett på som negativt å ha for høy grad av sidedominans. Slike tester kunne også ha gjort noe med fokuset under testene, noe de Poel et al. (2008) fremhever som en mulig nøkkelfaktor når det kommer til sidedominans.

Bare en forsøksperson var tilstede under testingen, slik at man ikke skulle gjøre seg for mange tanker om testene før man skulle testes selv, og dermed finne ut hva testene dreier seg om, noe som hadde påvirket validiteten negativt.

Forsøkspersonene fikk kun beskjed om å oppføre seg og handle naturlig på tredemøllen og ikke tenke. Dette er det ingen måte å forsikre seg om at ble gjort, men forhåpentligvis fikk



ingen tid til å gjøre seg for mange tanker som påvirket måten de handlet på, når faseskiftet kom, og med hvilken fot det ble initiert.

Test av sidedominans skjedde ved at forsøkspersonene skulle sparke en fotball så hardt de klarte i en tjukkas.

### **Instrumenter**

6 Qpus 300 kamerea ble brukt til å filme forsøkspersonene på en tredemølle av merket HP – cosmos Quasar. Bevegelsene til forsøkspersonene ble registrert ved hjelp av 14 markører som var festet på kroppen. Samlingsraten brukt av Opus 300 kameraene her var på 502 fps.

### **Analyse**

Filmene ble analysert ved at to personer så på dem og fastslo når faseskiftene kom, og hvilken fot som initierte. Det var overenstemmelse om 96,748% av faseskiftene i forhold til hvilken fot som initierte. Dette tilsvarte 120 skifter. De resterende 3,252%, som utgjorde 4 skifter, var uklare og det var vanskelig og komme til en konklusjon. Skiftene ble deretter plottet i analyseprogrammet SPSS.

Grunnet Hreljac (2013) sin beskrivelse av at faseskifte på tredemølle er gradvis, gjerne over tre skritt, men avsluttes ved en økning i hofte høyde, ble steget som sørget for denne karakteristiske økningen i hofte høyde sett på som initieringssteget. Før dette steget var det gjerne små førinitieringer av motsatt fot, karakterisert av en senkning i hofte høyde (figur 2). Initieringen ble derfor i denne studien sett på som det steget som sørget for en spontan endring i positiv hofte høyde, og det første ordentlige løftet.

For å se nærmere på karakteristikkene til faseskifte, og individuelle forskjeller mellom forsøkspersonene, ble hoftemarkørene plottet i programmet R..

Hastighet under faseskiftene ble også funnet i R.. Dette ga muligheten til å finne en hystereseeffekt, samt individuelle forskjeller mellom forsøkspersonene. Hastighetene ble plottet under tre skifter under alle betingelser for alle forsøkspersoner i SPSS. Det ble tatt utgangspunkt i starten fra faseskiftet, når man først ser en endring i mønster under plottingen av faseskiftehastighet.

På grunn av viktigheten av å se på hver enkelt forsøksperson i mitt studie, ble sjansen for at hver enkelt forsøksperson skal ha minst den bestemte sidedominansen regnet ut.

Sidepreferansen ble funnet signifikant når  $p \leq 0,05$ .

## Resultater

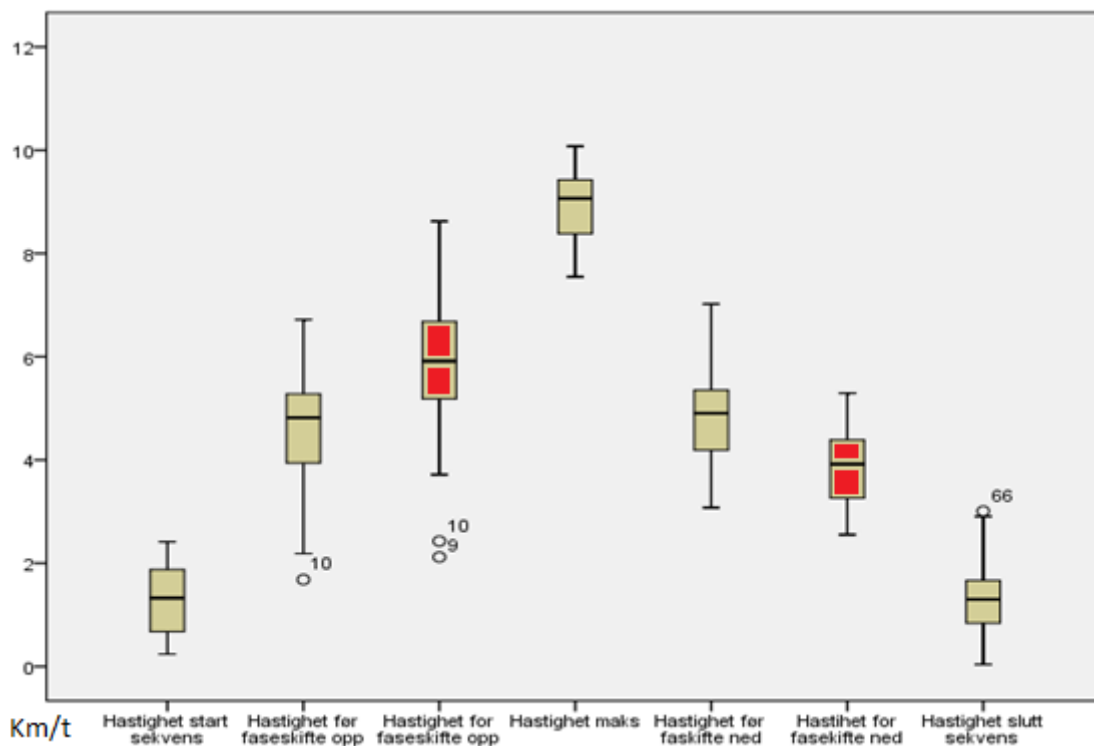
Resultatene fremstilles i to hovedavsnitt. Først presenteres data samlet på gruppenivå, deretter blir resultatene for to av forsøkspersonene fremstilt på individnivå med kinematiske målinger.

Alle hastigheter er angitt i km/t.

### Hastighet for faseskifte

Figur 1 viser sammenhengen mellom hastighet, bevegelsesform (gange/løp) og faseskifte. «Hastighet for faseskifte opp», og «hastighet for faseskifte ned», begge markert rødt, indikerer når faseskiftet startes og man først ser en endring i bevegelsesmønster. Faseskiftet opp er overgangen fra gange til løp, mens faseskiftet ned er overgangen fra løp til gange.

Man ser at sekvensen startes med rolig gange, hastigheten øker slik at forsøkspersonene skifter til løp, for så å skifte tilbake til gange når hastigheten minker.



Figur 1: Box-plot som viser sammenhengen mellom hastighet, bevegelsesform (gange/løp) og faseskifte. Hastighet er målt i km/t. «Hastighet for faseskifte opp», og «hastighet for faseskifte ned» indikerer når faseskiftet startes og man først ser en endring i bevegelsesmønster.

Fordeler man disse observasjonene på de to betingelsene (tabell 2), ser en at faseskiftene skjer ved høyere hastighet når farten øker enn når den minker, henholdsvis 6,26 km/t og 5,2 km/t for de to gruppene når farten øker og 4,03 km/t og 3,74 km/t når farten minker. Denne forskjellen i hastighet ved faseskifte, mellom økende og fallende hastighet, viser at det her foreligger et hystereseområde.

Den samla hastigheten på faseskiftet fra gange til løp ved betingelse flatt og den samla hastigheten på faseskiftet fra gange til løp ved stigning ble funnet å være signifikant ulik ( $p = 0,008$ ) gjennom en Mann-Whitney U-test. Hastigheten på faseskiftet fra løp til gange ble ikke funnet å være signifikant ulik mellom de to betingelsene ( $p = \geq 0,05$ ).

Hastighetene ble plottet fra der faseskiftene begynte, slik at en ustabilitet under faseskifte ikke vil ha påvirkning for faseskiftehastighet.

**Tabell 2: Hastighet for når faseskifte opp og faseskifte ned startes ved begge betingelsene. Man ser at det er en tydelig forskjell på hastighet mellom når faseskiftene opp og faseskiftene ned startes ved begge betingelser.**

Betingelse	Hastighet for faseskifte opp. Gjennomsnitt (SD)	Hastighet for faseskifte ned. Gjennomsnitt (SD)
Flatt	6,26 km/t (0,85 km/t)	4,03 km/t (0,775 km/t)
Stigning	5,2 km/t (1,44 km/t)	3,74 km/t (0,62 km/t)
Totalt	5,73 km/t (1,285 km/t)	3,885 km/t (0,705 km/t)

### Hastighet for faseskifte på individnivå

For å se på individuelle forskjeller mellom forsøkspersonene, blir data for to forsøkspersoner (FP1 og FP8) analysert under faseskifte fra gange til løp (opp) og faseskifte fra løp til gange (ned) ved 3 sekvenser. Dette gjøres under begge betingelsene.

#### *FP1 flatt*

Man ser på tabell 3 at skiftene for FP1 under flatt innehar en hysterese-effekt. Den er likevel på langt nær så stor som gjennomsnittlig hysterese for denne betingelsen, hvor skiftet fra gange til løp er på 2,16 km/t høyere hastighet enn skiftet fra løp til gange (tabell 2). FP1 skifter fra gange til løp på 0,952 km/t høyere hastighet enn fra løp til gange.

**Tabell 3: Hastighet for faseskifte opp og ned for FP1 under betingelse flatt.**

	Hastighet faseskifte opp	Hastighet faseskifte ned
Syklus 1.	5,97 km/t	4,15 km/t
Syklus 2.	5,545 km/t	4,475 km/t
Syklus 3.	5,16 km/t	5,195 km/t
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>5,558 km/t</b>	<b>4,606 km/t</b>

### ***FP1 stigning***

Ved stigning så har hastigheten for skifte mellom gange og løp gått ned drastisk for FP1 (tabell 4) og er 2,447 km/t lavere enn gjennomsnittet (tabell 2). Ser man på hastighet for faseskifte ned så ser man at det nå begynner på høyere hastighet enn faseskifte opp. Noe som kun er observert hos FP1. Man kan si at hysterese er på -0,83 km/t for FP1 ved denne betingelsen, mens den for gjennomsnittet er på 1,46 km/t (tabell 2). Noe som utgjør en forskjell på 2,29 km/t.

**Tabell 4: Hastighet for faseskifte opp og for faseskifte ned for FP1 under stigning.**

	<b>Hastighet faseskifte opp</b>	<b>Hastighet faseskifte ned</b>
Syklus 1	2,12 km/t	2,905 km/t
Syklus 2	2,425 km/t	3,565 km/t
Syklus 3	3,715 km/t	4,295 km/t
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>2,753km/t</b>	<b>3,583Km/t</b>

### ***FP8 stigning***

Ser en tilsvarende på resultatene for FP8 (tabell 5) viser det stor forskjell i hastighet for faseskifte opp mellom FP8 og FP1. FP1 starter faseskiftet fra gange til løp på 2,753km/t, mens FP8 starter faseskiftet fra gange til løp på 5,938km/t, ved denne betingelsen.

Forskjellene på hastighet ved starten av faseskifte fra løp til gange, er ikke like stor mellom FP1 og FP8.

**Tabell 5: Hastighet for faseskifte opp og for faseskifte ned for FP1 under stigning.**

	<b>Hastighet faseskifte opp</b>	<b>Hastighet faseskifte ned</b>
Syklus 2	5,52 km/t	4,465 km/t
Syklus 3	6,445 km/t	2,925 km/t
Syklus 4	5,85 km/t	4,05 km/t
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>5,938km/t</b>	<b>3,813km/t</b>

## Preferanser for hvilken fot som initierer faseskiftet, gange-løp

Tabell 6 og 7 viser preferanser for hvilken fot som initierer faseskifte på gruppenivå.

Tabell 6 viser at initieringer på dominant og nondominant fot er rimelig jevnt fordelt, men med en større andel av initieringer med dominant fot ved flatt.

Tabell 6: Fordelingen av initieringer av faseskifte fra gange til løp mellom dominant og nondominant fot.

Betingelse		Dominant	Nondominant
Flatt	Antall initieringer	40	22
Flatt	Forventet tall	37,0	25,0
Flatt	Prosent initieringer	64,5%	35,5%
Stigning	Antall initieringer	31	26
Stigning	Forventet tall	34,0	23,0
Stigning	Prosent initieringer	54,4%	45,6%
Totalt	Antall initieringer	71	48
Totalt	Forventet tall	71,0	48,0
Totalt	Prosent initieringer	59,7%	40,3%

Ser man på preferanse av initieringsfot uavhengig av om det dominant eller nondominant fot (tabell 7), så finner man naturlig nok en større grad enn preferanse enn det forskjellene mellom dominant og nondominant fot viser. Dette grunnet at fot som har flest skifter blir telt med i gruppen «fot med flest skifter» uansett, mens det mellom dominant og nondominant fot varierer mer, ettersom noen forsøkspersoner initierer flere faseskift på sin nondominante fot enn dominante.

Her blir det også en større preferanse ved stigning enn ved flatt. Noe som kan tilskrives at forsøkspersonene som foretrekker å initiere på sin nondominante fot, får en enda større preferanse på det i motbakke. Dette bidrar til at dominant fot er brukt oftere på flatt enn ved stigning totalt.

Det ble ikke funnet signifikans ( $p \geq 0,05$ ) i forhold til fotpreferanse på initiering av faseskifte på gruppenivå. Det ble heller ikke funnet noen signifikant forskjell på hastighet under initiering av faseskiftet mellom dominant og nondominant fot.

**Tabell 7: Tendens til å initiere faseskifte fra gange til løp på en fot. Foten med flest initieringer for hver enkelt forsøksperson teller som «fot med flest skifter».**

	Betingelse	Flatt	Stigning	Totalt
<b>Fot med flest skifter</b>	<b>Antall</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>86</b>
	<b>Prosent</b>	<b>69,4%</b>	<b>75,4%</b>	<b>72,3%</b>
<b>Fot med minst skifter</b>	<b>Antall</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>33</b>
	<b>Prosent</b>	<b>30,6%</b>	<b>24,6%</b>	<b>27,7%</b>

### **Fotpreferanse individnivå**

Selv om det ikke ble funnet noen signifikans ( $p \leq 0,05$ ) i forhold til fotpreferanse på initiering av faseskifte på gruppenivå, så ble dette funnet på individnivå.

Totalt fem av åtte forsøkspersoner har en tydelig foretrukket ( $p \leq 0,05$ ) fot å initiere faseskiftet gange til løp på, begge betingelsene sett under ett.

Totalt fire av åtte forsøkspersoner har en tydelig preferanse ( $p \leq 0,05$ ) mot å initiere faseskiftet fra gange til løp på sin dominante fot, begge betingelse sett under ett.

De to forsøkspersonene som er mest tydelig mot å initiere på dominant side er begge løpere av ulik kvalitet (FP1 OG FP2). Forsøksperson to har også erfaring fra fotball.

Forsøkspersonen som er nest mest tydelig i forhold til preferanse var FP4. Her er det derimot nondominant fot som initierte de fleste av skiftene, og alle skiftene i motbakke, med en tydelig for-initiering av dominant fot. Dette peker mot en annen tilnærming til overgangen fra gange til løp.

Tydeligheten på fotpreferanse på faseskiftet fra løp til gange var marginal mindre enn fra gange til løp, og ingen hadde den samme sterke sidepreferansen som enkelte av forsøkspersonene hadde fra gange til løp.

## Kinematisk analyse av faseskiftene på individnivå

Ut fra teori (Hreljac, 2013) ble det valgt å fokusere på hoftebevegelsen til forsøkspersonene i forbindelse med faseskift. Dette er særlig interessant for å se på individuelle forskjeller.

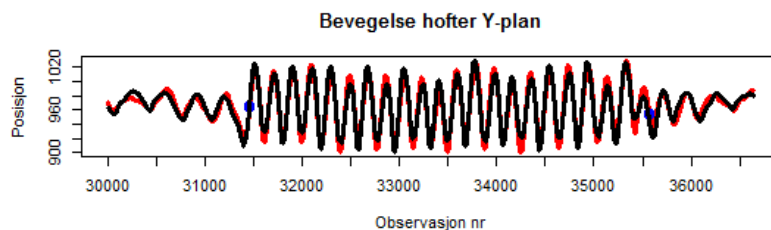
### *Forsøksperson 1. Flatt, hoftehøyde*

På figur 2 ser man en tydelig nedgang i hoftehøyde før hoftene får en markant økning i høyde hos FP1 ved betingelse flatt. Nedgangen i hoftehøyde virker å være en klargjøring av initieringen hvor man får en sats og økning i hoftehøyde ved overgangen til løp. Dette skillet i hoftehøydevariabilitet markerer tydelig en overgang til en ny teknikk og annen måte å utnytte de passive kreftene på.

Her kan man da se hvordan disse aksene stemmer overens med det observerte faseskiftet og hvilken fot som bidrar akkurat når man får dette løftet i hoftehøyde.

Droppet i høyde før man får et løft under initieringen, kan være det som sørger for at det ble observert en førinitiering med den ene foten før den andre sørget for økt hoftehøyde og initiering av løp.

Forskjellen på hoftehøyde når man gikk fra å gå til å løpe var ulik mellom forsøkspersonene, men den var tydelig hos alle forsøkspersonene, på alle skiftene som ble analysert. Dette gjorde at jeg kunne finne hvilken fot som initierte faseskiftet.



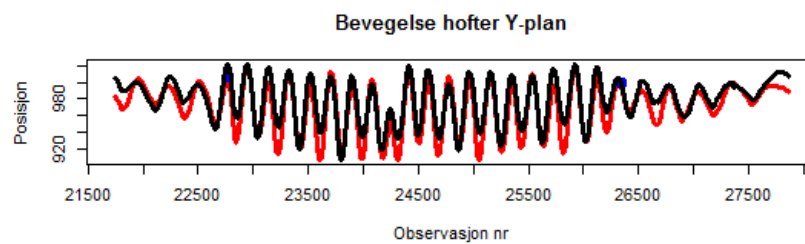
**Figur 2: Endring i høyde på hofter når man går fra å gå til å løpe og fra å løpe til å gå, hos FP1 ved betingelse flatt. Rødt = høyre hofte, svart = venstre hofte.**



### *Forsøksperson 8. Flatt. Hofte høyde*

Figur 3 viser at FP8 ved betingelse flatt ikke har den samme markante økningen i hofte høyde som FP1 (figur 5). Overgangen til løp virker litt mer uryddig og gradvis. Likevel ser man en markant endring i hofte høydevariabilitet og tydelig hvor overgangen til ny gangart skjer.

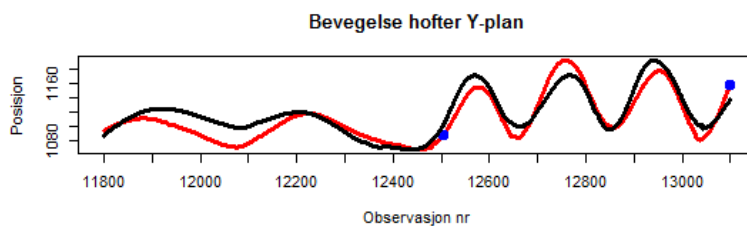
Figur 2 og 3 viser ulik endring i hofte høyde på samme betingelse, mellom to ulike forsøkspersoner med ulik bakgrunn. Dette indikerer en individuell tilpasning til faseskiftene og/eller ulik løpsteknikk.



**Figur 3: Endring i høyde på hofter når man går fra å gå til å løpe og fra å løpe til å gå, hos FP8 på flatt. Rødt = høyre hofte, svart = venstre hofte.**

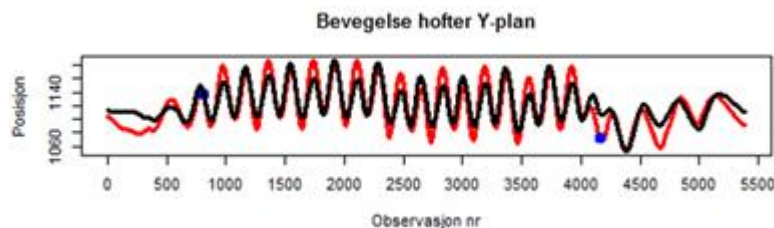
### *Forsøksperson 1. Stigning. Hofte høyde*

Figur 4 viser igjen en markant endring i hofte høydevariabilitet ved overgangen til løp. Denne gangen betingelse stigning. Ulikt fra ved betingelse flatt (figur 5) ser man ikke her en markant nedgang i hofte høyde og klargjøring av sats, før selve initieringen.



**Figur 4: Endringen i hofte høyde og hofte høydevariabilitet mellom gange til løp hos FP1 ved stigning. Rødt = høyre hofte, svart = venstre hofte.**

Figur 5 viser hele syklusen ved motbakke for FP1 ved betingelse stigning.

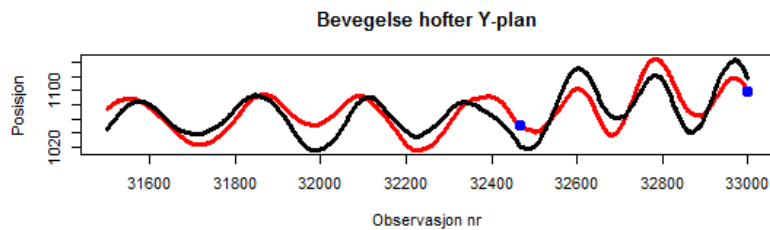


**Figur 5: Bevegelse på hofter vertikalt ved stigning. Rødt = høyre hofte, svart = venstre hofte**

### ***Forsøksperson 8. Stigning. Hofte høyde***

Figur 6 viser overgangen fra gange til løp ved betingelse stigning for FP8. Man ser en tydelig endring i hofte høydevariabilitet ved overgangen til løp. Denne endringen er derimot ikke så stor som for FP1 ved samme betingelse, og som ved betingelse flatt (figur 6) virker overgangen til løp å være mer gradvis for FP8.

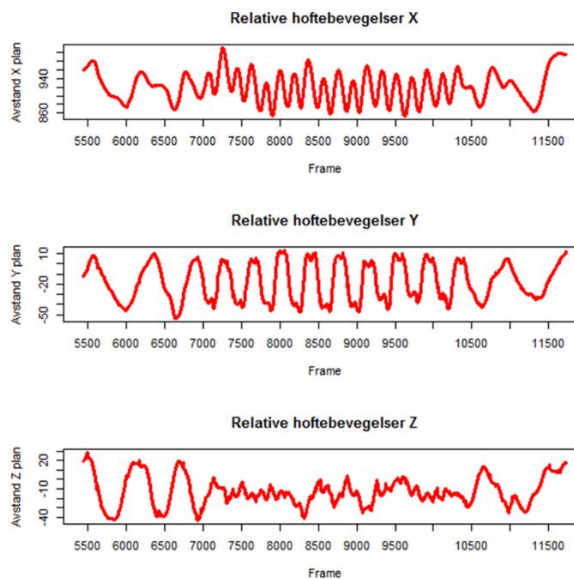
Figur 4 og 6 viser tydelig de ulike måtene å tilpasse seg faseskifte i motbakke på mellom FP1 og FP8. FP1 skifter også fase til å løpe tidligere enn FP8, noe som kan være grunnen til det mer plutselige skiftet i hofte høydevariabilitet hos FP1.



**Figur 6: Endring i høyde på hofter når man går fra gange til løp og fra løp til gange, hos FP8 ved stigning. Rødt = høyre hoft, svart = venstre hoft.**

### ***Forsøksperson 8. Stigning. Syklus 2***

Figur 7 viser relative hoftbevegelser. Her ser man en tydelig endring i rytme etter faseskiftet fra gange til løp, og en endring tilbake til den opprinnelige rytmen når man starter å gå igjen. Dette vises på alle plan og tydeliggjør hvordan gange og løp skiller seg fra hverandre med tanke på rytme og utnyttelse av passive krefter.



**Figur 7: Relative hoftbevegelser sideveis (X-plan), vertikalt (Y-plan) og i lengderetning (Z-plan) hos FP8 under syklus 2 ved stigning.**

## Diskusjon

Resultatene viser interessante forskjeller mellom forsøkspersonene når det gjelder fotpreferanse under faseskiftet. Noen har en signifikant preferanse på hvilken fot de initierer med, mens andre er nesten helt jevnt fordelt i forhold til initieringsfot. Analysene viser også andre interessante forskjeller mellom forsøkspersonene når det kommer til å initiere løpingen. Mulige årsaker til dette vil her bli diskutert opp mot dynamisk systemteori.

### Faseskiftet

Det ble funnet, som Hreljac (2013) beskrev, en tydelig endring i hofte høydevariabilitet etter overgangen til løp (figur 2 og 3). Ofte med først en nedgang i hofte høyde (figur 2). Dette virker å være en klargjøring av sats, før en markant økning og endring i hofte høyde finner sted, som er selve satsen. Nedgangen i hofte høyde virker å være det som sørger for en førinitiering og klargjøring av selve satsen.

Denne førinitieringen er også i tråd med Hreljac (2013) som sier at faseskiftet foregår over opptil tre skritt. Samtidig ser man ut fra endringen i hofte høyde at det er en spontan og tydelig endelig initiering når man går over til løp, likt funn gjort av Diedrich og Warren (1995). Initieringen i motbakke har ikke den samme klare satsen med en brå nedgang i hofte høyde (figur 5). Noe som viser ulik tilpasning for ulike betingelsene.

Skiftet mellom gange og løp blir beskrevet av Diedrich og Warren (1995) og Hreljac (2013) som en overgang fra å gjenvinne energi og utnytte seg av kraft når man går, gjennom en pendelbevegelse med kraftige sidebevegelser, som vist i figur 7 (x-plan), til å gjenvinne energi i noe som beskrives som en sprettballbevegelse når man går over til løp, som vist i figur 2 og 3. De ulike måtene å utnytte seg av passive krefter på vil føre til et ikke-likevektig faseskifte. Evne til å utnytte seg av disse kreftene, vil også kunne sørge for individuelle forskjeller på når faseskiftet kommer. Dette er i tråd med selvorganiseringen og den individuelle tilpasningen dynamisk systemteori bygger på.

Hubel og Usherwood (2013) fant at for hver prosent stigning sank hastigheten ved faseskiftet fra gange til løp med 1%. Studier gjort av Minetti, Ardigo og Saibene (1994) viser en lignende trend med 5,2% minskning på FSH ved 5% økning i stigningsgrad på tredemøllen. Dette samsvarer bra med mine funn (tabell 2). Ved 18% stigning fant jeg en nedgang i FSH på 16,8% (tabell 2). Dette viser at det er et system på når skiftene kommer, og at det er visse rammebetingelser som gjør at vi selvorganiseres til en ny fase ved ca. 1% mindre hastighet for

hver 1% stigning. Likevel kan det være individuelle forskjeller på hvordan faseskiftet tilnærmes, både ut fra grad av sidedominans, bakgrunn og fysiologi.

På vei ned er det ingen signifikant ulikhet for når faseskiftet kommer mellom betingelsene. Dette tyder på at det som trigger faseskiftet ned ikke vil bli påvirket i samme grad av stigningen, som det som trigger faseskiftet opp. Bartlett og Kram (2008) fant sammenheng mellom lokal anstrengelse på hoftesvingmuskler, ankelstrekkmuskler og FSH. Følt anstrengelse på dorsiflexormusklene som strekker vrista er også funnet av Hreljac (1995a) og Prilutsky og Gregor (2001) å være determinerende for faseskiftet fra gange til løp.

Prilutsky og Gregor (2001) viser til større og større støtterelatert aktivering av lårmusklene soleus, gastrocnemius og vastii ved synkende hastighet og følt anstrengelse på disse musklene som en mulig trigger for faseskiftet fra løp til gange. Den følte anstrengelsen her vil sannsynligvis da ikke endres mye ved stigning.

### **Hysterese**

Ulike triggere for faseskifte opp og faseskifte ned kan også være det som gjør at faseskiftet fra gange til løp kommer på høyere hastighet enn faseskiftet fra løp til gange, og vi får en hysterese-effekt (figur 1 og tabell 2). På flat mølle startet skiftet til løp på 2,23 km/t høyere hastighet enn skiftet til gange. På mølle med stigning var denne forskjellen 1,46 km/t.

Hadde grunnen til faseskift vært kun ut fra metabolske kostnader hadde faseskiftet skjedd på samme hastighet begge veier ifølge Li (2000).

I henhold til Li (2000) sine funn om at hysterese blir påvirket av mengden akselerasjon og deselerasjon, kan man tenke seg at man ved lavere akselerasjon/deselerasjon tilpasser seg uten å være avhengig av triggere, eksempelvis følt lokal anstrengelse på enkelte muskler for å skifte fase. Ved økt akselerasjon/deselerasjon rekker man ikke å tilpasse seg og får dermed en hysterese-effekt.

Faseskiftet fra gange til løp virker uansett å inneha ett usikkerhetsområde, i tråd med Haken (1977) sin beskrivelse av hysterese i dynamiske systemer.

## **Individuelle forskjeller**

Ulike måter å initiere løp på, viser at det er flere faktorer som spiller inn. I henhold til dynamisk systemteori kan man si at ulikhetene skyldes hvordan de ulike rammebetingelser spiller inn. Her vil det spesielt være rammenebetingelsene i oppgaven og rammebetingelsene i kroppen som sørger for ulikhetene, da miljøet skal være tilnærmet likt for alle forsøkspersonene.

Disse ulikhetene mellom forsøkspersonene tydeliggjør svakhetene til mye av forskningen som er gjort på faseskifte fra gange til løp. Li (2000), Diedrich og Warren (1995) og Hreljac (1993a) fokuserer på snitthastigheter under faseskifte, og ikke individuell tilpasning. Diedrich og Warren (1995) påpeker riktignok at det er individuelle forskjeller på FSH både fra gange til løp, og fra løp til gange.

Forskjellene på sidepreferanse forsøkspersonene imellom har heller ikke fokus i forskningen hos de Poel et al. (2008). Mulighetene for hvordan vi kan tilpasse oss ut fra individuelle krav er dermed i liten grad utforsket.

## **Sidepreferanse**

Forsøkspersonen med mest løpeerfaring, FP1, er den eneste som initierer konsekvent på sin dominante fot. Den andre forsøkspersonen som driver med løping (FP2), var også tydelig ( $p \leq 0,05$ ) på å skifte med sin dominante side, med en sjans på 0,64% for at det skjedde ut fra tilfeldighet. For å kunne se klare sammenhenger mellom hvordan forsøkspersonene tilpasser seg faseskiftet ut fra bakgrunn, hadde jeg trengt langt flere forsøkspersoner for hver bakgrunn. En gruppe kunne for eksempel hatt løping som bakgrunn, mens en annen kunne hatt fotballbakgrunn. Dette for å se om kravene fotballspillere møter gjør dem mer fleksible enn de med løpsbakgrunn når det gjelder initieringsfot.

Forskjellene på hvor avhengig forsøkspersonene i min studie er når det kommer til å initiere faseskifte på en fot, trenger ikke å bety at det er forskjeller i hvor fleksible de er. Det kan være at en erfaren løper har høyere krav til hvordan løpssteget startes teknisk. Dette gjør det mer foretrukket å initiere med dominant fot, så fremt ikke andre krav fra miljøet virker sterkere.

Den tydelige preferansen til flere av forsøkspersonene tyder på at sidedominans kan være en faktor når man skal foreta et bytte fra en teknikk til en annen, i dette tilfellet initiering av løp. Kanskje grunnet at dominant fot er bedre til å styre og mer frigjort som både Mork (1998) og de Poel et al. (2008) foreslår. Eller bare grunnet bedre motoriske ferdigheter på dominant fot.

## **Ulik spesifisitet**

Jeg finner ikke noe i min studie som taler for eller imot ulikhetene mellom dominant og nondominant fot som Sadhegi (1997) og Seeley et al. (2007) foreslår. Dette fordi de individuelle forskjellene mellom forsøkspersonene er så store. I henhold til det Sadhegi (1997) sier om at dominant fot er mest involvert i fremdrift, mens nondominant fot er mest involvert i bremsing, kunne man tenkt seg at dominant fot var mest involvert i initiering av løp, mens nondominant fot var mest involvert i initieringen av gange. Ingen tydelige sammenhenger på dette kom frem i min studie. Dette betyr ikke at slike sammenhenger ikke finnes, men at andre faktorer veier tyngre når vi initierer løp eller gange.

Ulikt funnene til de Poel et al. (2008) ble det ikke funnet en klar systematikk i henhold til sidepreferanse på gruppenivå under initieringen av en ny fase. Selv om det ikke ble funnet en tydelig preferanse på gruppenivå, hadde fem av åtte forsøkspersoner en tydelig preferanse for initieringsfot.

## **Årsaker til ulik tilpasning**

Variasjonen på FSH blant forsøkspersonene ved betingelse stigning (tabell 2) indikerer en læringseffekt, som foreslått av Thorstensson og Roberthson (1987), når det kommer til FSH. FP1, som er en erfaren løper, skifter fase på klart lavere hastighet (2,752km/t) enn gjennomsnittet (5,2 km/t) ved stigning (tabell 2 og 4). Hva som er gunstig FSH virker dermed å være mer individuelt og erfaringsbasert enn det som står beskrevet i mye av litteraturen.

FP1 hadde grunnet dette også et mye mindre hysteresiområde enn gjennomsnittet. Ved stigning skiftet han til og med fase på 0,83 km/t lavere hastighet fra gange til løp enn fra løp til gange. Dette blir beskrevet av Dotov (2013) som en negativ hysteresi.

Studier av Hreljac (1995a) og Prilutsky og Gregor (2001) peker på følt anstrengelse i dorsiflexormuskulatur som avgjørende for at vi bytter fra gange til løp når vi gjør. Dette forklarer derimot ikke hvorfor en løper som FP1, som skal være godt trent og tåle belastning i leggmuskulatur godt, skifter til å løpe tidligere enn de andre. Det kan derfor argumenteres for at flere faktorer enn den følte anstrengelsen spiller inn her. FP1 kan f.eks. ha en måte å utnytte seg av passive krefter på som skiller seg ut. Utnyttelse av passive krefter er ifølge Pennycuick (1975) avgjørende for hvordan vi velger å bevege oss.

I følge Hreljac (1993a) er gjennomsnittlig arbeidsøkonomisk optimal FSH 8,06 km/t på flat tredemølle. Dette er altså ved høyere hastighet enn faseskiftene fra gange til løp i både min studie og andres studier (f.eks. Hreljac, 1995a). Det er derimot ikke gjort noen studier på

arbeidsøkonomisk optimal FSH hos løpere, som kan ha en mer arbeidsøkonomisk løpsteknikk og en annen fysiologisk tilpasning. Det er heller ikke blitt funnet hva som er arbeidsøkonomisk optimal FSH ved 18% stigning.

Å være mer bestemt på hvordan man skal løpe teknisk, kan sørge for en stabil teknikk, hvor man initierer faseskiftet tidligere. Dette før man er mellom to attraktorer. Den tidligere initieringen kan også gjøre at FP1 står mer fritt til å velge hvilken fot han vil foreta initieringen med. Kanskje skifter FP1 fase tidligere for at han skal få bruke dominant fot, som han vet er mest presis? Sidedominans i henhold til ulike krav og ulik vanskelighetsgrad under initiering av f.eks. løp er derfor noe å se videre på.

### **Bakgrunn og erfaring**

Bruker man Gerald Edelman (1987) sin teori om Darwinisme blant motoriske signaler, så vil det mest effektive handlingsmønstret gjenskapes. Slik kan man tenke seg at faseskiftet og selvorganiseringen fra for eksempel gange til løp skjer basert på erfaring, og en opplært kunnskap om at nå er det gunstig å bytte fase, med ustabilitet eller opplevd lokal anstrengelse i muskler som mulige triggere. Bakgrunn og krav man har til oppgaven vil derfor kunne spille en stor rolle på hvordan man tilpasser seg faseskiftet. Dette gjelder både med tanke på sidepreferanse under initieringen, samt når og hvordan man foretar faseskiftet.

Ser man på ulikhetene mellom FP1 og FP8 når det kommer til hvordan grafene for hoftehøyde utvikler seg, ser man at FP1 med bakgrunn fra løp får en plutselig forandring med høyere hofter ved overgangen til løp (figur 2 og 4). FP8 med bakgrunn fra sykkel og badminton får en mer gradvis overgang (figur 3 og 6). Dette er med på å styrke teorien om ulik tilnærming til faseskifte ut fra ulike bakgrunn og ulike krav, og at ulike måter å utnytte de passive kreftene på bidrar til denne ulikheten. FP1 som tydelig er forfotsløper kan være flinkere og mer tilpasset til å bruke dorsiflexormuskulaturen til å skape elastiske krefter. FP8 kan likevel ha en måte å gjøre det på som er mer effektiv og arbeidsøkonomisk for han.

Det at teknikken virker å tilpasse seg spesifikke krav må tas hensyn til, med tanke på rammebetingelsene som må være tilstede når man trener på å f.eks. initiere spurt, skal man bli uavhengig av initieringsfot.

Det er riktignok viktig å påpeke at min forskning ikke gjenskaper kravene i en spurt, i en konkurranse hvor ørsmå marginer kan avgjøre. Sidepreferanse og effektivitet er derfor noe det må forskes på situasjonsspesifikt.

## **Konklusjon**

1. Graden av sidepreferanse under initiering av faseskiftet fra gange til løp er individuell, muligens grunnet bakgrunn og erfaring.

Under de gjeldende kravene virker sidedominans å ha noe å si for en vesentlig andel av forsøkspersonene (fem av åtte) under initiering av løp.

2. Det virker ikke å være en forutbestemt optimal løsning, men individuelle løsninger tilpasset krav, miljø og person under initiering av løp.

3. Hysteresse ble funnet ved begge betingelsene, i tråd med dynamisk systemteori og usikkerhetsområdet som blir beskrevet ved faseskifte av Haken (1977)

4. Det kommer ikke tydelig frem om økt motstand påvirker sidepreferansen.

Denne studien gir ingen konkluderende svar, men gir en dypere innsikt i henhold til vår tilpasning og fleksibilitet. Funnene i studien passer inn under tanken om at vi handler og tilpasser oss de aktuelle rammebetingelsene dynamisk, med sidedominans som en faktor.

## **Implikasjoner**

Denne studien vil kunne bidra til forståelsen av hvordan vi tilpasser oss individuelt i et dynamisk system. Dette kan være hvordan ulike krav i en oppgave kan sørge for ulike løsninger. Dette kan legge et grunnlag for videre forskning i idrett hvor sidepreferanse spiller en rolle.

## **Forslag til videre forskning**

Videre forskning kan ta for seg idrettsutøvere av ulik bakgrunn og deres tilpasningsdyktighet i henhold til initieringsfot. Utøvere som ofte opplever krav om å være fleksibel med tanke på initieringsfot kan være interessante og sammenligne med utøvere som sjeldent opplever slike krav, men hvor sidefleksibilitet likevel kan være avgjørende. Denne forskningen bør foregå i det miljøet og med de kravene den respektive idretten innehar.

Avhengigheten av dominant fot for å initiere løp, som jeg fant hos løperne som deltok i studien, kan være utslagsgivende når en spurt skal initieres like før mål. Her trengs det imidlertid mer forskning.



## Litteraturliste

- Bernstein, N.A. (1967). The co-ordination and regulation of movements. *Oxford : Pergamon Press*
- Cashmore L., Uomini N., Chapelain A. & Anthropol J. (2008) The evolution of handedness in humans and great apes: a review and current issues. *Sci* 86,(s. 7-35)
- De Poel, H. J., Peper, C. E., & Beek, P. J. (2006). Intentional switches between bimanual coordination patterns are primarily effectuated by the nondominant hand. *Motor Control*, 10: (s. 7–23)
- De Poel, H.J., Peper, C. & Beek, P. (2008) Laterally focused attention modulates asymmetric coupling in rhythmic interlimb coordination. *Psychological Research (Impact Factor: 2.47)*. 04/2008; 72(2): (s. 123-37)
- Diedrich, F.J., & Warren, W.H. (1995). Why change gaits? Dynamics of the walk-run transition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21: (s. 183-202). doi: 10.111.212.188
- Donaldson, G. & Johnson, G. (2006) The clinical relevance of hand preference and laterality. *Physical Therapy Reviews* 08/2006; 11(3): (s. 195-203). doi: 10.1179/108331906X99074
- Edelmann, Gerald. (1987) Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection (*Basic Books, New York*). ISBN 0-19-286089-5
- Haken, H. (1977). Synergetics: Nonequilibrium phase transitions and self-organization in physics, chemistry and biology. *Berlin, Springer*
- Higuchi, T., Imanaka, K., & Hatayama, T. (2002). Freezing degrees of freedom under stress: Kinematic evidence of constrained movement strategies. *Human Movement Science*, 21: (s. 831-846) doi:10.1016/S0167-9457(02)00174-4
- Hoyt, D.F., & Taylor, C.R. (1981). Gait and the energetics of locomotion in horses. *Nature*, 292: (s. 239-240). doi: 10.1038/292239a0
- Hreljac, A., Arata, A., Ferber, R., Mercer, J. A. and Row, B. R. (2001). An electromyographical analysis of the role of the dorsiflexors on the gait transition during human locomotion. *J. Appl. Biomech*, 17: (s. 287 -296). doi: 10.1242/jeb.011932
- Hreljac, A. (1995a). Determinants of the gait transition speed during human locomotion: kinematic factors. *Journal of Biomechanics*, 28: (s. 669-677). doi:10.1016/0021-9290(94)00120-S
- Hreljac, A. (1993a). Preferred and energetically optimal transition speeds in human locomotion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25: (s. 1158-1162)
- Hopkins, W. D. & Pearson, K. (2000). Chimpanzee (Pan troglodytes) handedness: variability across multiple measures of hand use. — *J. Comp. Psychol.* 114: (s. 126-135) doi: 10.1037//0735-7036.114.2.126
- Hubel, T. Y., & Usherwood, J. R. (2013) Vaulting mechanics successfully predict decrease in walk–run transition speed with incline. *Biol Lett* 9: (20121121). doi: 10.1098/rsbl.2012.1121
- Kelso, J. A. S. (1984). Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative, and Comparative*, 246: (R1000-1004) (<http://www.haskins.yale.edu/Reprints/HL0457.pdf> )
- Li, L. (2000). Stability landscapes of walking and running near gait transition speed. *J. Appl. Biomech.* 16: (s. 428-435) ([http://www.researchgate.net/publication/259931617 Stability Landscape of walking and running near gait transition speed](http://www.researchgate.net/publication/259931617_Stability_Landscape_of_walking_and_running_near_gait_transition_speed) )
- Minetti, A. E., Ardigo L. P., Saibene F. 1994 The transition between walking and running in humans: metabolic and mechanical aspects at different gradients. *Acta Physiol. Scand.* 150: (s. 315–323) . doi: 10.1111/j.1748-1716.1994.tb09692.x
- Mork J. (1998) Intentional switching between co-ordinative regimes using cyclical leg movements as paradigm action. *Hovedsagsoppgave NTNU*

- Newell, K. (1986). Constraints on the development of coordination. I Wade M. G. & Whiting H.T. A. (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control* (s. 341-360). *Dordrecht, The Netherlands: Nihjoff*.
- Pan, Z., & Van Gemmert, A. W. A. (2013). The direction of bilateral transfer depends on the performance parameter. *Human Movement Science*, 32: (s. 1070-1081)
- Pennycuik, C. J. (1975) On the running of the gnu (*Connochaetes taurinus*) and other animals. *Journal of Experimental Biology*, 63: (s. 775-799)
- Prilutsky, B. I. and Gregor, R. J. (2001). Swing- and support-related muscles differentially trigger human walk–run and run–walk transitions. *J. Exp. Biol.* 204: (s. 2277 -2287)
- Sadhegi H. (1997) Functional gait asymmetry in able-bodied subjects. *Original Research Article Human Movement Science*, 16 (2–3): (s. 243-258)
- Seeley, M.K., Umberger, B.R., & Shapiro, R. (2007). A test of the functional asymmetry hypothesis in walking. *Gait Posture*
- Thorstensson, A. & Roberthson, H. (1987). Adaptations to changing speed in human locomotion: speed of transition between walking and running. *Acta Physiol. Scand.* 131: (s. 211-214)
- Turvey, M. T. (1990). Coordination. *American Psychologist*, 45(8): (s. 938-953)
- Turvey, M. T., Holt, K. G., LaFlandra, M. E. and Fonseca, S. T. (1999). Can the transition to and from running and the metabolic cost of running be determined from the kinetic energy of running? *Journal of Motor Behavior* 31: (s. 265-278)
- Vereijken, B., van Emmerik, R. E. A., Whiting, H. T. A., & Newell, K. M. (1992). Free(z)ing degrees of freedom in skill ac-quisition. *Journal of Motor Behavior*, 24: (s. 133-142)

## Figurer

**Figur 1:** Box-plot som viser sammenhengen mellom hastighet, bevegelsesform (gange/løp) og faseskifte. Hastighet er målt i km/t. «Hastighet for faseskifte opp», og «hastighet for faseskifte ned» indikerer når faseskifte startes og man først ser en endring i bevegelsesmønster.

**Figur 2:** Endring i høyde på hofter når man går fra å gå til å løpe og fra å løpe til å gå, hos FP1 ved betingelse flatt. Rødt = høyre hofte, svart = venstre hofte.

**Figur 3:** Endring i høyde på hofter når man går fra å gå til å løpe og fra å løpe til å gå, hos FP8 på flatt. Rødt = høyre hofte, svart = venstre hofte.

**Figur 4:** Endringen i hoftehøyde og hoftehøydevariabilitet mellom gange til løp hos FP1 ved stigning. Rødt = høyre hofte, svart = venstre hofte.

**Figur 5:** Bevegelse på hofter vertikalt ved stigning. Rødt = høyre hofte, svart = venstre hofte.

**Figur 6:** Endring i høyde på hofter når man går fra gange til løp og fra løp til gange, hos FP8 ved stigning. Rødt = høyre hofte, svart = venstre hofte.

**Figur 7:** Relative hoftebevegelser sideveis (X-plan), vertikalt (Y-plan) og i lengderetning (Z-plan) hos FP8 under syklus 2 ved stigning.

## Tabeller

**Tabell 1:** Oversikt over forsøkspersonene. Idrett med størst erfaring fra står først.

**Tabell 2:** Hastighet for når faseskifte opp og faseskifte ned startes ved begge betingelsene. Man ser at det er en tydelig forskjell på hastighet mellom når faseskiftene opp og faseskiftene ned startes ved begge betingelser.

**Tabell 3:** Hastighet for faseskifte opp og ned for FP1 under betingelse flatt.

**Tabell 4:** Hastighet for faseskifte opp og for faseskifte ned for FP1 under stigning.

**Tabell 5:** Hastighet for faseskifte opp og for faseskifte ned for FP1 under stigning.

**Tabell 6:** Fordelingen av initieringer av faseskifte fra gange til løp mellom dominant og nondominant fot.

**Tabell 7:** Tendens til å initiere faseskifte fra gange til løp på en fot. Foten med flest initieringer for hver enkelt forsøksperson teller som «fot med flest skifter».