

Adrian Halsen
Felix Jakobsen Søreide
Mathias Mutlak-Hamdan Silfverhielm

En sammenligning av mekanikk ved 100- og 400-m sprint

Bacheloroppgave i Bevegelsesvitenskap
Veileder: Mireille Van Beekvelt (NTNU/BEV)
Medveileder: Gertjan Ettema (BEV)
Mai 2023

Adrian Halsen
Felix Jakobsen Søreide
Mathias Mutlak-Hamdan Silfverhielm

En sammenligning av mekanikk ved 100- og 400-m sprint

Bacheloroppgave i Bevegelsesvitenskap
Veileder: Mireille Van Beekvelt (NTNU/BEV)
Medveileder: Gertjan Ettema (BEV)
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for medisin og helsevitenskap
Institutt for nevromedisin og bevegelsesvitenskap



Kunnskap for en bedre verden

Abstrakt

Formålet med studiet

Denne studien tar sikte på å sammenligne mekanikken i 100-meter og 400-meter sprint ved å undersøke ulike mekaniske variabler.

Metode

Det ble gjennomført et litteratursøk ved bruk av Scopus-databasen, og åtte originale studier ble inkludert. Studiene analyserte mekaniske variabler innen 100- og 400-m og deres korrelasjon med prestasjon innen sprint.

Resultat

Resultatene viste at de som løp 100-meter presterte bedre enn de som løp 400-meter på alle mekaniske variabler. Den eneste variabelen hvor 100-m ikke presterte bedre enn 400-m var lufttid. Totalt sett viste 100-meter sprintere bedre mekanisk ytelse sammenlignet med 400-meter sprintere. Basert på funnene utført i denne studien antas det at de mekaniske forskjellene skyldes de ulike fysiologiske systemene som tas i bruk.

Konklusjon

Studien viser bedre mekanisk prestasjon ved 100-m enn 400-m. Det blir understreket viktigheten av å vurdere mekaniske faktorer i sprintprestasjon ved både 100- og 400-m. Samt må tempostrategi bli tatt hensyn til i et 400-m løp. Til slutt må det poengteres at studien har blitt begrenset av manglende forskning innen det relevante feltet.

Abstract

Purpose of the study

This study aims to compare the mechanics of the 100-meter and 400-meter sprints by examining various mechanical variables.

Method

A literature search was conducted using the Scopus database, and eight original studies were included. The studies analyzed mechanical variables within 100- and 400-m and their correlation with sprint performance.

Results

The results showed that the subjects who ran 100-m performed better than those who ran 400-m in all mechanical variables. The only variable where 100-m did not outperform 400-m was aerial time. Overall, 100-m sprinters demonstrated better mechanical performance compared to 400-m sprinters. Based on the findings of this study, it is assumed that the mechanical differences are due to the different physiological systems involved.

Conclusion

The study demonstrates better mechanical performance in the 100-m sprint compared to the 400-m sprint. It emphasizes the importance of considering mechanical factors in sprint performance for both the 100- and 400-m sprints. Additionally, it highlights the need to consider pacing strategy in a 400-m race. Finally, it should be noted that the study has been limited due to the lack of research within the relevant field.

1. Innledning

Det finnes en rekke variasjoner av sprintidretter og løpeidretter som kan utføres på ulike distanser. Sprintidrettene på mesterskapsnivå er begrenset til distansene 100-, 200- og 400-m, mens resten av løps-distansene kategoriseres som løping. Enten kategoriseres det som mellomdistanse (fra 600- til 3000-m) eller langdistanse (lenger enn 5000-m) ¹. En kan generelt sett observere at eliteutøvere i sprint presterer godt på 100-, 200- og 400-m, men i den moderne tiden ser man stort sett ikke en eliteutøvere i sprint prestere på elitenivå i både på 100- og 400-m ². Selv om sprintidrettene har en rekke fellestrekk, er det likevel en rekke faktorer som skiller de ulike idrettene fra hverandre. Disse faktorene inkluderer ikke bare distansen, men også fysiologiske og mekaniske forskjeller som kan påvirke prestasjonene.

Selv om det er blitt gjort rikelig med forskning innenfor løping/sprint-idretter, og generell friidrett, er det mangel på forskning som har sett på sammenligning av 100- og 400-m sprint. Det er enda en del som gjenstår på forskningsfronten innenfor dette feltet, spesielt forskjell mellom mekanikken i 100- og 400-m sprint, og hva som forårsaker at det er en forskjell i mekanikken mellom de to sprintdistansene.

Det finnes flere avgjørende faktorer som spiller inn når det gjelder å prestere på høyt nivå i både 100- og 400-m sprint, men fokuset i denne studien vil primært være rettet mot de mekaniske aspektene av løpene. Med andre ord, hvordan de mekaniske variablene vil spille seg ut på de respektive distansene. Selv om fokuset til studien vil være rettet mot mekanikk, er det ikke til å unngå å nevne fysiologiske faktorer da fysiologien påvirker mekanikken, spesielt mot slutten av løpet ved 400-m sprint ^{3 4}.

Ved å ta utgangspunkt i flere studier vil denne oppgaven, ved hjelp av ulike mekaniske variabler, se på eventuelle forskjeller på mekanikk mellom de ulike distansene.

2. Metode

Et søk gjennom den elektroniske databasen til Scopus ble utført i mars 2023. Søket ble utført på engelsk siden forskningen på dette temaet i primært sett er på engelsk. Søkeordene som ble brukt for å finne relevant litteratur var: “sprint” AND “mechanics” AND “100-m” OR “400-m”. Årsaken for at disse søkeordene ble valgt var at studien ønsket å se på artikler som omhandlet sprintmekanikk, og dernest målt mekanisk prestasjon i 100 og/eller 400-m. Søkeresultatene var filtrert til å kun inkludere fagfelleverderte originalstudier. Videre ble det filtrert ut studier som ikke var relevante for denne studien. Disse vurderingene ble gjort basert på enten tittelen eller abstrakt. Studiene som ble inkludert i denne vurderingen ble valgt ut basert på hvor vidt de omtalte sprintmekanikk i 100- og/eller 400-m, sammenlignet de to, eller omhandlet mekaniske prinsipper innen sprint. Studier som beskrev en årsak til mekanisk prestasjon, ble også inkludert i vurderingen. Artikkene ble valgt ut basert på inklusjonskriteriene (tabell 2.1).

Etter søket, og gjennomføring av inklusjonskriteriene var det 8 originalstudier som ble plukket ut. 6 av disse ble hentet direkte fra litteratursøket, mens de to resterende studiene ble hentet fra en av studiene fra originalsøket. 7 av disse handlet direkte om løpsmekanikk. En artikkel omhandlet fysiologiske endringer under et 400-m løp.

Tabell 2.1: Inklusjons -og eksklusjonskriterier for valg av originalartikler

Inklusjonskriteriene ble brukt i valget av studier
Må det omhandle mekaniske variabler
100m eller 400m sprint
Inkludert kun friske utøvere
Artikkene må kun inkludere sprint/idrett

Fortsettelse av tabell 2.1

Kun kvantitativ forskning

*Artikler som ikke oppfylte inklusjonskriteriene ble ekskludert.

Det ble regnet ut diverse variabler som manglet fra Tabell 3.2. Først ble det regnet ut kraftratioen (RF) for 100- og 400-m. Dette regnes ut gjennom å dele den horisontale kraften på totalkraften. (Horisontal kraft/Total kraft = RF)⁵. Etersom RF ble regnet ut manuelt, var det også en mangel på den prosentvise endringen i RF som forekom fra starten til slutten av løpet. Prosentvis endring ble regnet ut ved å benytte denne formelen $((\text{Startverdi}-\text{Sluttverdi})/\text{Startverdi})\times 100^6$.

Videre ble det observert at artikkelen som inneholdt de mekaniske variablene ved 100- og 400-m ikke inkluderte gjennomsnittet for de gitte variablene gjennom løpet. Konsekvent ble det gjort en utregning av gjennomsnittet gjennom å legge sammen verdiene som ble målt ved hvert 50-metersintervall ved begge løpene, som så ble delt på antall verdier.

3.Resultat

8 studier ble inkludert med totalt 126 deltagere, som deltok i testprotokoller for diverse sprintidretter. Studiene inkluderte utøvere fra elite, nasjonalt, regionalt og amatørnivå. 7 av studiene studerte løpsmekanikk, og 1 studerte fysiologiske endringer under sprint. Av de 7 studiene som studerte løpsmekanikk, studerte 4 av studiene mekaniske variabler og deres korrelasjon med prestasjon innen sprint.

Tabell 3.1: Deltagervariabler for studiene som er inkludert i tabell 3.3

Studie	Variabler hentet	Antall deltagere	Nivå	Nasjonalitet	Idrett	Test	Kjønn
Changes in running mechanics over 100-m, 200-m and 400-m treadmill sprints⁵	Samtlige	12	Studenter innenfor fysisk aktivitet, som er fysisk aktive med sprinterfaring	Finland	100-m og 400-m sprint eller baneidrett	100- og 400-m på tredemølle	Menn
Elite sprinting: Are athletes individually step frequency or step length reliant? ⁸	Stegfrekvens Steglengde	52	Elite	Diverse	100-m sprint	Steganalyse av film av 100-m løp	Menn
Velocity and Stride Parameters of World-Class 400-Meter Athletes Compared with Less Experienced Runners ⁹	Steglengde	11	Elite, nasjonalt og regionalt	Diverse	400-m sprint	Analyse av film av 400-m løp	Menn og kvinner

Tabell 3.2 inkluderer variabler for prestasjon, kinetikk og kinematikk. Variablene innen begge distansene blir observert ved gjennomsnittsverdi, innspurtsverdi, og den prosentvise endringen fra start til slutt. Tabellen viser at deltakerne innenfor 100-m sprint presterer bedre innen alle mekaniske variabler enn 400-m. Innen de signifikante variablene horisontalkraft, RF og effekt har 400-m en betraktelig nedgang. Det er en negativ endring på over 100% for horisontalkraft og effekt. RF har en nedgang på 68.33%. Ved både gjennomsnittet og innspurtsmålingen for alle variablene presterte 100-m-løperne bedre enn 400-m-løperne. Ved den prosentvise

endringen var det kun lufttid som ikke hadde en større endring ved 400-m sprint. Alle de prosentvise endringene viste en negativ nedgang innen de mekaniske variablene.

Tabell 3.2: Løpsmekanikk innen 100- og 400-m sprint.

Variabel	100-m gjennomsn itt	400-m gjennomsn itt	100-m Innspur t	400-m innsputt	100-m sprint (prosentvi s endring fra første 50-m til slutt)	400-m sprint (prosentvis endring fra første 50-m til slutt)
Hastighet (m s ⁻¹)	7.09 (7) *	5.57 (7) *	6.80±0.2 6 (7) *	4.55±0.5 8 (7) *	-7.6±1.5 (7) *	-39.5±14.9 (7) *
Effekt (W kg ⁻¹)	9.18 (7) *	5.63 (7) *	8.06±2.2 2 (7) *	2.04±1.0 0 (1) *	-20.6±15.6 (7) *	-171±56 (7) *
Steglengde (m)	1.81 (7) 2.20 (8) **	1.64 (7) * 1.84±0.06 (9) **	1.80±0.1 0 (7)	1.49±0.1 5 (7) *	-1.4±4.5 (7)	-40.9±1.4 (7) *

Fortsettelse av Tabell 3.2

Stegfrekvens (Hz)	4.03 (7) * 4.71 (8) **	3.42 (7) *	3.90±0.2 3 (7) *	3.05±0.2 5 (7) *	-5.8±3.4 (7) *	-21.6±8.0 (7) *
Kontaktid (s)	0.135 (7) *	0.169 (7) *	0.139±0.012 (7) *	0.203±0.019 (7) *	+6.9±4.1 (7) *	+35.8±13.0 (7) *
Svingtid (s)	0.374 (7) *	0.42 (7) *	0.394±0.063 (7) *	0.455±0.025 (7) *	+12.2±15.5 (7) *	+16.4±8.7 (7) *
Lufttid (s)	0.116 (7) *	0.127 (7)	0.119±0.013 (7) *	0.129±0.018 (7)	+6.2±7.8 (7) *	+4.0±15.0 (7)
Horisontal kraft (BW)	0.13 (7) *	0.1(7) *	0.12±0.03 (7)	0.04±0.02 (7) *	-13.9±17.1 (7) *	-121.0±35 (7) *
Vertikal kraft (BW)	1.905 (7) *	1.828 (7) *	1.88±0.10 (7) *	1.66±0.10 (7) *	-2.2±3.2 (7) *	-17.0±7.0 (7) *
Total kraft (BW)	1.915 (7) *	1.829 (7) *	1.89±0.10 (7) *	1.66±0.10 (7) *	-2.3±3.2 (7) *	-17.2±7.0 (7) *
RF (%)	6.79 (7) *	5.31 (7) *	6.35 (7) *	2.41 (7) *	-12.05 (7) *	-68.33 (7) *

Resultatene markert med * har en p-verdi på <0.05

**kun sett på mannlige utøvere i verdensklasse

Effekt er kraft x hastighet. Mengden energi påført over en tidsenhet. Stegfrekvens er frekvensen av stegene i et løp. Dette måles i hertz. Kontakttid er tiden foten er kontakt med bakken ved et steg. Dette måles i sekunder (s). Svingtid er tiden som brukes på å utføre et steg, eller flytte foten fra a-b⁵. Dette måles i sekunder. Lufttid er tiden når ingen av føttene er i kontakt med bakken¹⁰. Dette måles i sekunder. Horisontal kraft er kraften som produseres fremover når en utøver løper. Måles i kraft normalisert i kroppsenhet (BW)⁵. Vertikal kraft er kraften som produseres vertikal retning i et løp. Måles i BW¹¹. Total kraft er summen av kreftene som produseres ved et steg⁵. Måles i BW. RF er en variabel som beskriver evnen til å tilføre kraft i horisontal retning. Dette måles i prosent⁵.

De mekaniske variablene som inkluderes i tabell 3.3 er prestasjon, kinetiske og kinematiske variabler. Det er hentet korrelasjon for de ulike variablene fra studiene som inkluderte relevant data. De variablene som viste en statistisk signifikant sammenheng med prestasjon, var effekt, kontakttid, svingtid, horisontal kraft og RF. Stegfrekvens ble målt som både signifikant og ikke signifikant ved to ulike studier. Alle de signifikante verdiene ble målt med <0.01 p-verdi, med unntak av svingtid som ble målt med <0.05 (tabell 3.3).

Tabell 3.3: Korrelasjonstabell med samvariasjon mellom mekaniske variabler og prestasjon i sprintidrett (40- og 100-m).

Variabler	Korrelasjon-koeffisient for prestasjon innen sprint
Effekt	0.839 * ⁽¹⁰⁾
Steglengde	0.544 ⁽¹¹⁾
	0.337 ⁽¹⁰⁾
Stegfrekvens	0.236 ⁽¹¹⁾
	0.893 * ⁽¹⁰⁾
Kontakttid	-0.751 * ⁽¹⁰⁾

Fortsettelse av Tabell 3.3

Svingtid	-0.630 * ⁽¹⁰⁾
Lufttid	0.773 ⁽¹⁰⁾
Horisontal kraft	0.834 * ⁽¹⁰⁾ 0.736 * ⁽⁵⁾
Total kraft	0.402 ⁽¹⁰⁾ 0.411 ⁽⁵⁾
Vertikal kraft	0.385 ⁽¹¹⁾ 0,39 ⁽⁵⁾
Krafratio (RF)	0,773* ⁽⁵⁾ 0,933* ⁽¹¹⁾

Resultatene markert med * har en p-verdi på <0.05

IMPH er summen av impulsen til den horisontale bakkereaksjonskraften. IMPH regnes ut slik: $IMP_H = \int_0^t F_H dt$. IMP_{H+} er andelen av den totale impulsen som forekommer i form av akselerasjon i sagittal planet, mens IMP_{H-} er andelen av den totale impulsen som forekommer i form av bremsing. Den største andelen av IMPH produseres i positiv retning. IMP_H og IMP_{H+} viste en signifikant sammenheng med prestasjon innen sprint (Tabell 3.4).

Tabell 3.4: Horisontal bakkereaksjonskraftimpuls (IMP_H), ved bremsing (IMP_{H-}) og fremdrift (IMP_{H+}), og korrelasjonen til prestasjon innen sprint.

	Gjennomsnitt ved et 40-m løp	Korrelasjonskoeffisient
Relativ IMP_H (Ms^{-1})	0.577	7.01*
Relativ IMP_{H-} (Ms^{-1})	-0.081	-12.4
Relativ IMP_{H+} (Ms^{-1})	0.657	4.26*

(¹²)

Resultatene markert med * har en p-verdi på <0.05

Resultatet i Tabell 3.5 viser til at utøverne presterer best på de første 200-meterne av 400-m løpet. Dette gjelder alle variablene for de forskjellige tempostrategiene. I de siste 200-m ser man en større forskjell mellom de forskjellige tempostrategiene. Utøverne løp de første 200-m med en innsats på 400_{98%}, 400_{95%} og 400_{93%} av deres personlige beste i 200-meter sprint. Ut ifra disse observasjonene viser resultatet at utøverne som løp de første 200-meterne på en innsats av 400_{93%} hadde best løpstid ved 400-m sprint ⁴. Utøverne som løp 400_{93%} presterte bedre innen de mekaniske variablene som ble målt.

Tabell 3.5: Resultater for 400m og 200-m intervaller, maksimal blodlaktatkonsentrasjon (BLa), og mekaniske variabler etter 400-m sprint ved ulike tempostrategier.

Tempostrategi	400_{98%}		400_{95%}		400_{93%}	
400-m prestasjon (s)	55.0 ± 2.7		54.7 ± 2.5		54.1 ± 2.3	
Tid_{0-200m} (s)	25.3 ± 1.1*		25.8 ± 1.1*		26.2 ± 1.3*	
Tid_{200-400m} (s)	29.7 ± 1.5*		28.9 ± 1.3*		27.9 ± 1.0*	
	Første 200-m	Siste 200-m	Første 200-m	Siste 200-m	Første 200-m	Siste 200-m
Steglengde	2.13±0.04	1.84±0.05	2.15±0.05	1.89±0.05	2.12± 0.04	1.92 ± 0.04
Stegfrekvens	3.78±0.11*	3.26±0.21*	3.66±0.16*	3.31±0.22*	3.48±0.22*	3.38±0.16*
Svingtid	0.27±0.01*	0.31±0.02*	0.27±0.01*	0.30±0.02*	0.29± 0.02*	0.30 ± 0.01*
Kontakttid	0.12 ± 0.01*	0.17 ± 0.01*	0.14 ± 0.02*	0.16 ± 0.01*	0.13 ± 0.02*	0.15 ± 0.01*
Lufttid	0.14 ± 0.01*	0.14 ± 0.02*	0.14 ± 0.02*	0.15 ± 0.02*	0.16 ± 0.01*	0.14 ± 0.02*

Fortsettelse av Tabell 3.5

400-m BLa	20.5 ± 1.4*	20.2 ± 2.0*	18.9 ± 2.1*
(mmol/L)			

Resultatene markert med * har en p-verdi på <0.05

Tempostrategi er fordelingen av arbeid og energi over hele løpsdistansen ⁴.

4.Diskusjon

Innen de mekaniske variablene ved de ulike distansene presterte 100-m bedre enn 400-m sprint på 32 av 33 variabler. Den eneste variabelen hvor 100-m ikke presterte bedre enn 400-m var i endring i lufttid. Ved resultatene så man en indirekte samvariasjon gjennom tempostrategi mellom BLa og mekaniske variabler, hvor lavere BLa ledet til bedre mekanisk prestasjon. Av studiene som målte mekaniske variabler på 100- og 400-m, studerte en variablene ved 100-m, en variablene ved 400-m og en studerte begge distansene. Av de resultatene som inkluderte toppidrettsutøvere, fikk en sett på gjennomsnitt av steglengde for både 100- og 400-m, og stegfrekvens ved kun 100-m. Forskjellen i steglengde var større for toppidrettsutøverne, enn for subjektene fra «*Changes in running mechanics over 100-m, 200-m and 400-m treadmill sprints*» 3 artikler studerte korrelasjon mellom mekaniske variabler og prestasjon. Effekt, horisontal kraft, RF, kontakt -og svingtid hadde signifikant sammenheng med prestasjon, mens stegfrekvens hadde både signifikant og ikke-signifikant sammenheng med prestasjon.

Likheter mellom distansene

Det finnes en del likheter mellom 100- og 400-m sprint. En av likhetene, som nevnt tidligere i teksten, er at begge distansene er kategorisert som sprint-distanser. Begge distansene vil kreve maksimal, eller nært maksimal hastighet for å prestere på høyt nivå. Siden begge distansene kategoriseres som sprint er det en del mekaniske aspekter som begge distansene har til felles. Det er

manglende forskning som omhandler korrelasjon mellom mekaniske variabler og prestasjon i 400-m, men en kan anta at de samme mekaniske variablene vil ha en påvirkning på prestasjonen i 400-m som i 100-m. Når en retter blikket mot fysiologien, er begge sprintdistansene avhengige av anaerobe energisystem under løpet.

Fysiologiske forskjeller

100-m sprint er en kort og eksplosiv sport der det brukes anaerob metabolisme som energikilde¹³. En 100-m sprintutøver er avhengig av å utnytte kreatinfosfat (CP) for å produsere energi, som gjør at man kan produsere maks kraft under omtrent hele løpet. Dette vil ikke være mulig under et 400-m løp, grunnet at tiden som brukes på distansen vil kreve både anaerob og aerob metabolisme, og krever større grad av energikonservering under løpet³.

I et 400-metersløp oppnås en høy andel av VO₂max, dette utgjør ca. 93-94% av det maksimale oksygenopptaket. Det er en reduksjon i oksygenopptak i den andre halvdel av løpet, som er funnet å være relatert til maksimal produksjon av laktat. Dette skyldes bidraget fra glykose til energiproduksjon øker etter de første 200 meterne på et 400-metersløp. I den siste halvdel av 400-metersløpet vil sprinthastigheten reduseres på grunn av en reduksjon av hastigheten av produksjon av kreatinfosfat, og det er en endring i kravet til forskjellige muskelfibre. Det har også blitt observert at BLa oppstår omtrent etter 27 sekunder, og maksimalt muskellaktat etter 35 sekunder⁴.

Fysiologiske egenskaper bestemmer hvordan 400-metersløpet utføres, avhengig av tempostrategien til utøveren. Som nevnt tidligere er tempostrategi fordelingen av arbeid og energi over hele løpsdistansen⁴. Om utøveren ikke har optimal tempostrategi vil BLa kunne være en faktor som vil gå ut over den mekaniske utførelsen i et 400-m løp. Dette kan observeres i tabell 3.5, hvor man ser at utøverne som benytter seg av den mest gunstige tempostrategien, har best mekanisk prestasjonen. under et 100-m løp trengs ikke dette å bli tatt hensyn til, da løpet er mye kortere og hovedsakelig benytter seg av CP som energikilde¹⁵. Dette tyder på at et 400-m løp har mer fysiologisk begrensninger sammenlignet med et 100-m løp.

Diskusjon rundt variabler

Tabellen 3.1 inkluderte studiene fra tabell 3.2. Den har som formål å kontrollere for eventuelle feilkilder ved hovedresultatet. Ettersom «*Changes in running mechanics over 100-m, 200-m and 400-m treadmill sprints*» inneholdt alle variablene i tabell 3.2 med unntak av tre, er det den studien man må i hovedsak må stille seg kritisk til. Hovedsakelig ble det sett at studien ikke inkluderte toppidrettsutøvere innen de ulike distansene, men heller fysisk aktive studenter. De to andre artiklene som respektivt omhandlet 100- og 400-m, inkluderte toppidrettsutøvere innen sine respektive felt. De så riktig nok kun på steglengde og frekvens, noe som resulterte i at hovedmengden av variabler måtte hentes fra studien som tidligere er nevnt.

Ved Tabell 3.2 ble det målt statistisk signifikans for alle variablene med unntak av endring i, og gjennomsnitt av lufttid ved 400-m sprint, og alle variablene som ble hentet fra eliteutøverne. Dette er relevant med tanke på at endring i lufttid var den eneste variabelen hvor 400-m presterte bedre enn 100-m. Det kan altså hende at dette generelt sett ikke vil være tilfellet. Det må også tas i betraktning at målene fra eliteutøverne ikke nødvendigvis vil være pålitelige.

Fra «*Velocity and Stride Parameters of World-Class 400-Meter Athletes Compared With Less Experienced Runners*» ble det kun inkludert resultatene fra mannlige utøvere på elitenivå. Årsaken til dette var at det var ønskelig å sammenligne variabler mellom to toppidrettsutøvere ved de ulike distansene. Dette var riktig nok kun mulig å utføre ved en mekanisk variabel.

RF har en stor nedgang ved 400-m sprint. Med alle andre variabler enn RF er det naturlig at det er en nedgang, fordi de omhandler enten kraftproduksjon, hastighet eller er direkte knyttet med hastighet. RF skiller seg ut for det er en presisjonsvariabel. Variabelen beskriver evnen til å tilføre kraften horisontalt og ikke kraftproduksjonen i seg selv. Derfor er det ikke like åpenbart med en nedgang, som ved de andre mekaniske variablene. Likevel skjer en nedgang RF og, som man konsekvent vil kunne anta at henger sammen med fysiologiske utfordringer.

Det vil mest sannsynlig ikke være et konstant lineært stigningsforhold mellom RF og prestasjon, til tross for to sterke korrelasjoner samvariasjon med P-verdi på 0.001 og 0.01 respektivt. Årsaken til dette er at det kreves en stor andel av den totale kraften som

produseres til å holde kroppen oppreist, det vil si i vertikal retning. Hadde det vært slik at en hadde 100% RF, noe som ifølge stigningstallet ville tilsi maksimal prestasjon, ville utøveren falle over, siden all kraft rettes fremover, og ingen kraft brukes for å holde kroppen til utøveren oppreist. Dette vil praktisk sett mest sannsynlig ikke være et problem, siden utøvere ikke har som mål å produsere all kraften sin fremover. De har heller som mål å flytte seg fremover, mens de holder seg oppreist. Det kan derfor antas at enn så lenge utøverne fortsatt holder kroppen oppreist, at RF vil ha en samvariasjon med prestasjon.

Ved variablene som måler tid: kontakttid, svingtid og lufttid, vil det være gunstig å ha så lav tid som mulig. Dette er fordi alle disse variablene omhandler forflytting av foten som man ønsker at skal skje så fort som mulig. Dette i motsetning til resten av de mekaniske variablene, hvor det er hensiktsmessig å få så høye målinger som mulig.

Variablene; Steglengde, stegfrekvens og vertikal kraft er alle viktige faktorer selv om de ikke har påvist statistisk signifikant samvariasjon til prestasjon. Uten de nevnte variablene har man verken evne til å bevege foten langt, hurtig eller holde seg oppreist.

Ved måling av kraft, har denne studien valgt å bruke BW som måleenhet. Det vil si kraft per tidsenhet. Årsaken til dette er at kraften en sprinter produserer brukes til å forflytte vekten til sprinteren. Det vil derfor være et krav om at en tyngre sprinter har en større kraftproduksjon enn en lett sprinter. Ved å normalisere kraft til kroppsvekt kontrollerer man for disse forskjellene.

I tabell 3.5 er alle målene statistisk signifikante med unntak av steglengde, og løpsti ved hele løpet. Dette anses ikke som problematisk. Årsaken til dette er at ved steglengde, er resten av de mekaniske variablene statistisk signifikante. Siden det kun blir sett på sammenheng med generell mekanikk, går det fint å eventuelt ekskludere en av de mekaniske variablene. For løpsti er det uproblematisk med mangel på statistisk signifikans, siden både de første og siste 200 meterne av løpet viser en statistisk signifikans.

Praktisk bruk av funnene

Ved 100-m sprint er det blitt vist at effekt, stegfrekvens (har målt både signifikant, og ikke signifikant samvariasjon), kontakttid, svingtid, horisontal kraft og kraftratio har alle sterke signifikante samvariasjoner med prestasjon innen sprint (tabell 3.3). Det vil derfor kunne være gunstig for utøvere innen denne distansen å fokusere på å forbedre evnen sin innen disse feltene. Det må poengteres

at samvariasjon ikke betyr direkte påvirkning. Noe som vil bety at det ikke nødvendigvis vil være gunstig å trene direkte på de ulike variablene, men at de heller vil kunne forutsi hvordan en presterer ved 100-m sprint.

Ved 400-m sprint antas det samme å gjelde som ved 100-m. Dette er fordi begge idretter er sprintidretter, faktorene som avgjør hastighet vil tenkelig ikke endre seg ved en lengre sprintdistanse. Derimot er det vist at 400-m krever større anaerob kapasitet. Det vil derfor også kunne være gunstig å trene på dette for å forbedre prestasjon³. Til slutt er det sett at det lønner seg å løpe på 93% av makshastigheten sin på 200-m, på de 200 første meterne i et 400-m-løp⁴. Det vil si at utøvere ved 400-m sprint bør ha en tempostrategi for å optimalisere mekanisk prestasjon gjennom hele løpet.

Signifikansen av IMP_{H+} og IMP_{H-} kan forklare hvordan en bør innføre RF og horisontal kraftproduksjon som en del av treningen sin. IMP_H og IMP_{H+} hadde en signifikant sammenheng med prestasjon, mens IMP_{H-} ikke hadde det. Konsekvensen av dette blir at en heller burde ha fokus på å produsere den horisontale kraften ved akselerasjon (IMP_{H+}), enn å fokusere på å minimere bremsing (IMP_{H-}).

Begrensninger

Et problem som oppsto under litteratursøket, var mangelen på artikler som omhandlet mekaniske variabler innen 100- og 400-m sprint. Som et resultat av dette ble det gjort forsøk på å utføre spesifikke søk ved de vitenskapelige søkemotorene til Scopus, Oria, Pubmed og Google Scholar for å forsøke å finne flere artikler som omhandlet 100- og 400-m sprint. Dette ledet ikke til flere søketreff. Gjennom artikkelen «*Changes in running mechanics over 100-m, 200-m and 400-m treadmill sprints*» ble det funnet to ekstra artikler som omhandlet sprintmekanikk, en på 100-m og en på 400-m. De artiklene handlet kun om steglengde og stegfrekvens.

Artikkelen «*Changes in running mechanics over 100-m, 200-m and 400-m treadmill sprints*» er essensiell å ta i bruk fordi den sammenligner mekaniske variabler mellom de distansene som var ønsket i dette studiet. Dette er den eneste artikkelen med det spesifikke innholdet som ble funnet, altså mekaniske variabler den 100- og 400-m sprint. Årsaken for at dette er fordelaktig, er at det er samme deltagere som har deltatt på alle målingene. Dette fjerner en potensiell årsak for konfundering. Videre har ingen av

deltagerne i studiet noen spesialisering i en enkelt løpsdistanse, men heller fra ulike idretter som krever god sprint evne. En ulempe med denne artikkelen var mangelen på variabelen RF. Denne variabelen var mulig å regne ut basert på variablene fra originalartikkelen. Dette kan føre til potensiell feilberegning.

Det er funnet flere artikler som omhandler mekaniske løpsvariabler, og samvariasjonen de har med prestasjon på 100-m^{5,11}. Ulempen med disse artiklene er at de utfører to ulike tester. Studiene utførte tester på en 100-metersdistanse på løpebane, for å måle hvor raskt testsubjektene løp. Testene som målte de ulike mekaniske variablene, ble utført innen gitte tidsintervaller på tredemølle (6 og 8 sekunder). Dette vil si at prestasjonsvariablene ikke er målt ved et 100-meters løp, og kan derfor ikke brukes til å beskrive mekanikk innen 100-m sprint. Konsekvensene av dette resulterte til at det ikke ble funnet artikler som omhandlet mekaniske variabler på 100-m sprint direkte fra litteratursøket.

Dataen om korrelasjon mellom mekanikk og prestasjon måtte hentes eksklusivt fra artikler om 100-m, og en ved en 40-meters distanse. Som tidligere nevnt, er ikke dette sannsynligvis et stort problem siden de samme variablene som påvirker prestasjon innen 100-m antas å ha tilnærmet lik påvirkning på prestasjon innen 400-m.

Siden det var utfordringer med mangel på artikler, er det relevant å stille spørsmål til årsaken for dette. For det første finnes det generelt sett ikke så mange artikler som omhandler mekaniske variabler innen sprint. For det andre virker det som at 400-m sprint ikke har blitt forsket på i samme grad. En annen årsak kan eventuelt være kravet til utsyr som kreves får utføre detaljerte mekaniske mål over en gitt distanse, som potensielt sett kan ha høye kostnader. Kombinasjonen av de nevnte manglene innen feltet kan være årsaken til den observerte mangelen på artikler relevante for denne studien.

Ettersom at studiene er utført på tredemølle, er det noe som må tas i betraktning når det en skal vurdere resultatet. Det en må være kritisk til er hvor vidt resultatet hadde blitt likt eller tilnærmet likt om en hadde utført testene ved en løpebane. I studiet «*Changes in running mechanics over 100-m, 200-m and 400-m treadmill sprints*» ble forsøket gjennomført på tredemølle hvor deltakerne startet løpet på huk uten startblokk. Det er også tatt hensyn til dette og ifølge deres funn så er det vesentlig lite forskjell på resultatet når det

ble sammenlignet med resultater som er gjort på bane med utøvere på lignende nivå. Det er ikke sving i 100m sprint, motsetning til 400-m. Artikkelen tidligere nevnt viser at det er noe lengre stegtid på løpebane sammenlignet med 400-m sprint i rett linje på tredemølle, til tross for svingen på løpebane⁷. Andre faktorer som kan påvirke resultatet er at det ikke er noe vindmotstand eller eventuelt vått føre etter regn.

Årsaken for at det ikke er problematisk at de mekaniske variablene som ser på korrelasjon med prestasjon er målt på tredemølle er at man bruker målene av mekanisk evne på tredemølle til å forutse prestasjon på bane. Det er ikke fullt så relevant hvor mekanikken er målt siden man kun skal se på sammenheng av prestasjon og ikke hvor godt man presterer mekanisk innen en gitt distanse.

Resultatene fra dette studiet vil kunne ligge til grunnlag for en hypotese ved videre forskning. For å bygge på funnene fra dette studiet bør det utføres en studie som forsker på eliteutøvere ved både 100- og 400-m sprint. Studien bør gjøre mekaniske og fysiologiske mål på begge gruppene, med en hypotese om at sprintmekanikken er bedre på 100- enn 400-m, og at årsaken er de fysiologiske forskjellene mellom distansene. Selv om denne artikkelen har gjort en del tydelige funn, er den helhetlige sammenhengen basert på såpass ulike grupper (nivå, antall, testprotokoller og hovedhensikt ved studie) at det bør gjøres mer helhetlig forskning på å sammenligne mekanikk ved 100- og 400-m sprint.

5. Konklusjon

Resultatet viser til at 100-m-løperne presterte bedre enn 400-m-løperne innen alle mekaniske variabler med unntak av endring i lufttid. Dette gjelder for både elite og amatørutøvere. Årsaken til dette antas å være den fysiologiske påkjenningen av et 400-m-løp, som ikke oppstår i et 100-m-løp. Det er fortsatt en mangel på studier som studerer mekanisk prestasjon ved 100- og 400-m sprint, på sprintutøvere innen de gitte distansene. Det er også en mangel på studier som gjør direkte sammenlikninger av mekanisk prestasjon ved de gitte distansene. Selv om funnene peker i en klar retning, er det usikkert på hvordan det faktisk ville spilt seg ut hvis en hadde inkludert eliteutøvere innen 100- og 400-m sprint.

6. Referanseliste

1. Venkat R. What is athletics? Know all the track and field events. Olympics.com. Published June 11, 2021. Accessed May 8, 2023. <https://olympics.com/en/news/athletics-track-and-field-sprints-marathons-jumps-throws-heptathlon-decathlon>
2. Thompson M A, Notes A. Physiological and Biomechanical Mechanisms of Distance Specific Human Running Performance | Integrative and Comparative Biology | Oxford Academic. Accessed May 15, 2023. <https://academic.oup.com/icb/article/57/2/293/4060767>
3. Hirvonen J, Nummela A, Rusko H, Rehunen S, Härkönen M. Fatigue and changes of ATP, creatine phosphate, and lactate during the 400-m sprint. *Canadian journal of sport sciences = Journal canadien des sciences du sport*. 1992;17(2):141-144. doi:10.1007/s00421-010-1804-0
4. Saraslanidis PJ, Panoutsakopoulos V, Tsalis GA, Kyprianou E. The effect of different first 200-m pacing strategies on blood lactate and biomechanical parameters of the 400-m sprint. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(8):1579-1590. doi:10.1007/s00421-010-1772-4
5. Morin JB, Edouard P, Samozino P. Technical Ability of Force Application as a Determinant Factor of Sprint Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(9):1680. doi:10.1249/MSS.0b013e318216ea37
6. Hvordan regne prosentvis endring? ssb.no. Published September 12, 2011. Accessed May 16, 2023. <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/regneeksempler>
7. Girard O, Brocherie F, Tomazin K, Farooq A, Morin JB. Changes in running mechanics over 100-m, 200-m and 400-m treadmill sprints. *Journal of Biomechanics*. 2016;49(9):1490-1497. doi:10.1016/j.jbiomech.2016.03.020
8. Salo AIT, Bezodis IN, Batterham AM, Kerwin DG. Elite Sprinting: Are Athletes Individually Step-Frequency or Step-Length Reliant? *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(6):1055-1062. doi:10.1249/MSS.0b013e318201f6f8
9. Hanon C, Gajer B. Velocity and Stride Parameters of World-Class 400-Meter Athletes Compared With Less Experienced Runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(2):524. doi:10.1519/JSC.0b013e318194e071
10. Murata M, Takai Y, Kanehisa H, Fukunaga T, Nagahara R. Spatiotemporal and Kinetic Determinants of Sprint Acceleration Performance in Soccer Players. *Sports (Basel)*. 2018;6(4):169. doi:10.3390/sports6040169

11. Morin JB, Bourdin M, Edouard P, Peyrot N, Samozino P, Lacour JR. Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(11):3921-3930. doi:10.1007/s00421-012-2379-8
12. Rabita G, Dorel S, Slawinski J, et al. Sprint mechanics in world-class athletes: a new insight into the limits of human locomotion. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2015;25(5):583-594. doi:10.1111/sms.12389
13. Morin JB, Slawinski J, Dorel S, et al. Acceleration capability in elite sprinters and ground impulse: Push more, brake less? *Journal of Biomechanics*. 2015;48(12):3149-3154. doi:10.1016/j.jbiomech.2015.07.009
14. Energiforbruk og trening - NHI.no. Accessed May 12, 2023. <https://nhi.no/trening/aktivitet-og-helse/fysisk-aktivitet-og-helse/energiforbruk-og-trening/>
15. Melkesyre begrenser idrettsprestasjonene. NHI.no. Accessed May 15, 2023. <https://nhi.no/trening/aktivitet-og-helse/treningsrad-generelle/melkesyre-begrenser-idrettsprestasjonene/>

