

Tor Ivar Landsverk

Kraft-hastighets-profiler hos kastere på nasjonalt nivå

En tverrsnittsstudie

Masteroppgave i idrettsfysioterapi
Seksjon for idrettsmedisinske fag
Norges idrettshøgskole, 2021

Sammendrag

Introduksjon: En skjelettmuskel har to egenskaper: 1) evnen til å produsere kraft, og 2) evnen til å forkorte seg (målt som forkortningshastighet). Produktet av kraft og hastighet, effekt, er avgjørende i idretter hvor et arbeid (kraft x vei) skal gjøres raskest mulig. Kraft-hastighets(KH)-forholdet kan etableres ved en KH-profil-test. Helningen («slopen») til KH-profilen sier noe om hvilken av egenskapene, kraft eller hastighet, som begrenser effekten mest og angivelig bør prioriteres i treningen. Det er imidlertid usikkert hvor idrettsspesifikke KH-tester må være. Derfor er kastere i friidrett en interessant utøvergruppe, fordi de gjennomfører øvelser som både egner seg som generelle og spesifikke KH-tester. Formålet med denne studien er todelt: 1) undersøke sammenhengen mellom slopen fra generelle KH-profiler (benpress og benkpress) og spesifikke kastprofiler i diskos, slegge og kule, og 2) undersøke sammenhengen mellom kraft, hastighet og effekt i generelle KH-tester og prestasjon i diskos, slegge og kule.

Metode: Problemstillingen ble undersøkt med to tverrsnittsundersøkelser. Nitten (18 ± 2 år, 87 ± 13 kg, 179 ± 9 cm) og 23 (18 ± 2 år, 87 ± 13 kg, 180 ± 10 cm) utøvere fra rekruttlandslaget i kast ble rekruttert til studien. Tolv utøvere var med i begge utvalgene. Forsøkspersonene gjennomførte tre generelle KH-tester (benpress, benkpress og svikthopp) ved begge anledninger samt en spesifikk kast-test i idrettsgrenen (1. datainnsamling) og en generell kast-spesifikk test, Liakov (2. datainnsamling)

Resultat: Det var ingen signifikant sammenheng mellom slopen fra KH-profilene i benpress og benkpress og slopen til kastprofilene. Diskosprestasjon korrelerte best med maksimal effekt i benkpress ($R=0,98$, $p=0,00$). Sleggeprestasjon korrelerte best med maksimal effekt i benpress ($R=0,93$, $p=0,00$). Kuleprestasjon korrelerte best med maksimal kraft i benpress ($R=1,00$, $p=0,00$).

Konklusjon: Med forbehold om lav statistisk styrke og tverrsnittsdesign, indikerer denne studien at KH-profiler for kastere i friidrett bør være idrettsspesifikke for å kunne si noe om hva man skal vektlegge i den spesifikke treningen. Kastere burde likevel vektlegge generell styrketrening ettersom maksimal kraft og effekt i benkpress og benpress viste god sammenheng med kastprestasjon.

Innhold

Sammendrag.....	3
Innhold	4
Forord.....	7
1. Introduksjon	8
1.1 Formål.....	10
1.2 Problemstilling	11
1.3 Hypotese.....	11
2. Teori	12
2.1 Kraft-hastighetsforholdet.....	12
2.2 Effekt-hastighetsforholdet.....	14
2.3 Hastighetsspesifisitet.....	16
2.4 KH-forholdet og ballistisk idrettsprestasjon	18
2.5 Trening etter KH-profil.....	19
2.6 Kastidrett.....	23
2.6.1 Kulestøt.....	23
2.6.2 Diskoskast.....	26
2.6.3 Sleggekast.....	26
3. Metode.....	28
3.1 Design.....	28
3.2 Rekruttering	29
3.3 Forsøkspersoner	29
3.3.1 Utvalg 1	29
3.3.2 Utvalg 2	29
3.4 Tester og prosedyrer	30
3.4.1 Første datainnsamling	30
3.4.2 Andre datainnsamling	33
3.5 Reliabilitet tester	34
3.5.1 Benpress.....	34
3.5.2 Svikthopp.....	35
3.5.3 Benkpress.....	35
3.5.4 Kast.....	35

3.6	Databehandling og -analyser	36
3.7	Statistiske analyser	37
3.8	Etikk og datasikkerhet	37
4.	Resultater.....	38
4.1	Antall som gjennomførte testene	38
4.1.1	Utvalg 1	38
4.1.2	Utvalg 2	38
4.2	Kastprofiler	39
4.3	Samtidig validitet mellom generelle KH-profiler og kastprofiler.....	42
4.4	Kastprestasjon.....	44
5.	Diskusjon	51
5.1	Hovedfunn	51
5.2	Drøfting av funn.....	51
5.2.1	Kastprofiler.....	51
5.2.2	Kastprestasjon.....	53
5.3	Metodediskusjon	55
5.3.1	Design.....	55
5.3.2	Rekruttering	55
5.3.3	Utvalg	55
5.3.4	Tester	56
5.3.5	Reliabilitet tester.....	58
5.3.6	Databehandling og -analyser	58
5.3.7	Statistiske analyser.....	58
5.4	Praktiske implikasjoner	59
5.4.1	Hvor spesifikke må KH-testene være for kastere i friidrett?	59
5.4.2	Hva skal man vektlegge i den generelle og spesifikke treningen?	60
5.5	Videre forskning	61
6.	Konklusjon.....	63
	Referanser.....	64
	Tabelloversikt	71
	Figuroversikt.....	72
	Forkortelser	73
	Vedlegg	74

Vedlegg 1	75
Vedlegg 2	105
Vedlegg 3	105
Vedlegg 4	106
Vedlegg 5	106
Vedlegg 6	107
Vedlegg 7	107

Forord

Denne masteroppgaven inngår i prosjektet «Kraft-hastighets-profiler hos kastere på nasjonalt og internasjonalt nivå». Prosjektet er en arm i «kraft-hastighets-prosjektet», som ble igangsatt i 2017. Flere har vært involvert i prosjektet, og det er mange som fortjener en takk:

Takk til hovedveileder Gøran Paulsen for god veiledning, konstruktive tilbakemeldinger og oppmuntring underveis.

Takk til biveileder Paul Solberg for konstruktive tilbakemeldinger, raske svar og hjelp med utregninger.

Takk til Kolbjørn Lindberg for stort bidrag med databehandling, -sortering og -analyser, samt for svar på mange spørsmål.

Takk til øvrige samarbeidspartnere på Olympiatoppen som bidro med datainnsamling.

Takk til deltakerne som stilte med tid og innsats til forskningsprosjektet.

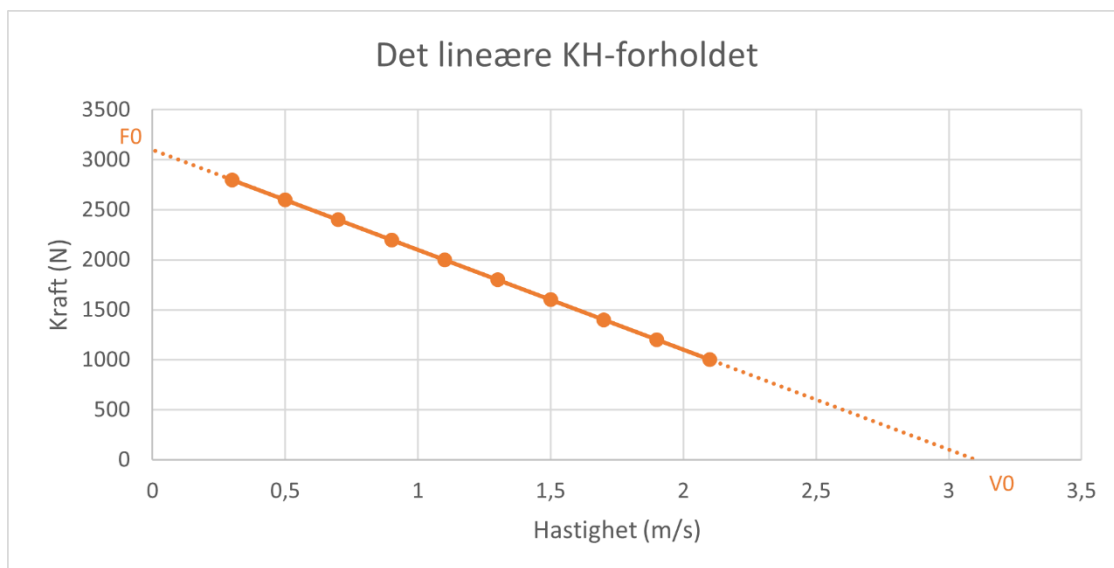
Tor Ivar

Oslo, juni 2021.

1. Introduksjon

En skjelettmuskel har to egenskaper: 1) evnen til å generere kraft, og 2) evnen til å forkorte seg. Funksjonen til en muskel avgjøres av forholdet mellom disse to egenskapene. Dette forholdet kalles kraft-hastighetsforholdet (heretter: KH-forholdet). Produktet av kraft og hastighet, effekt (arbeid/tid; W), er en viktig komponent i mange idrettsprestasjoner, fordi det ofte dreier seg om å gjøre et arbeid (kraft x vei) raskest mulig. Styrketrening er mye benyttet av utøvere i idretter hvor effekt er avgjørende for prestasjonen. Men burde man prioritere tung styrketrening for å øke evnen til å generere kraft, eller «eksplosiv» styrketrening for å øke hastigheten?

I den forbindelse har det blitt populært å utarbeide en kraft-hastighets-profil (heretter: KH-profil) (Morin & Samozino, 2018). Ved en KH-profil-test måler man kraft og hastighet under en serie økende motstander med maksimal innsats. Ved å trekke en rett linje gjennom datapunktene (lineær regresjon) og ekstrapolere linjen kan man estimere den maksimale kraften når forkortningshastigheten er null (F_0) og den maksimale hastigheten når kraften er null (V_0) (Morin & Samozino, 2018). Teoretisk maksimal effekt kan regnes ut som $(F_0 \times V_0)/4$, mens helningen til regresjonen (slope force-velocity, forkortet « S_{fv} ») regnes ut som F_0/V_0 (Jaric, 2015; Morin & Samozino, 2018). Helningen til KH-profilen er ment å gi informasjon om hvilken av egenskapene, kraft eller hastighet, som burde prioriteres i treningsarbeidet for å øke effekten. En benyttet KH-test for strekkapparatet i bena er svikthopp med kroppsvekt og gradvis økende ytre belastning (Morin & Samozino, 2018). Et annet alternativ er en benpresstest med gradvis økende motstand (Lindberg et al., 2021). KH-profiler antas å basere seg på KH-forholdet i musklene, som beskriver det inverse forholdet mellom kraft og forkortningshastighet (Alcazar, Csapo, Ara & Alegre, 2019). For enkeltmuskler er KH-forholdet kurvelineært (hyperbolsk), mens det er lineært i flerleddsøvelser (Alcazar et al., 2019). Det lineære KH-forholdet er illustrert i Figur 1. Trening basert på individuelle KH-profiler har vist lovende resultater sammenlignet med ikke-individualisert trening når utfallet er hopp høyde (Jimenez-Reyes, Samozino, Brughelli & Morin, 2017; Jimenez-Reyes, Samozino & Morin, 2019; Escobar Alvarez, Fuentes Garcia, Da Conceicao & Jimenez-Reyes, 2020).



Figur 1: Det lineære KH-forholdet.

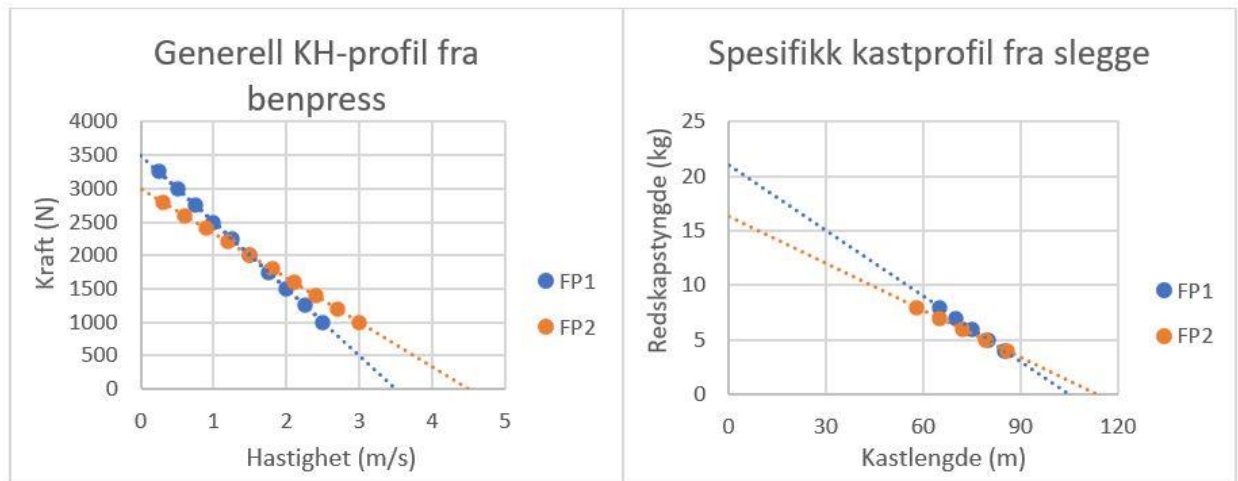
Punktene illustrerer kraften i Newton (N) og hastigheten i meter per sekund (m/s) målt på hver belastning i en hypotetisk 10-trinns KH-test. Heltrukken linje illustrerer den lineære regresjonen gjennom punktene. Stiplet linje illustrerer ekstrapoleringsdistansen til krysningspunktene med y- og x-aksen. Krysningspunktet med y-aksen illustrerer teoretisk maksimal kraft (kraft ved 0 m/s; F_0). Krysningspunktet med x-aksen illustrerer teoretisk maksimal hastighet (hastighet ved 0 N; V_0). Helningen til regresjonslinjen (slope force-velocity, forkortet « S_{fv} ») kan regnes ut som F_0/V_0 (Jaric, 2015). Forkortelser: N: Newton, m/s: meter per sekund, F_0 : teoretisk maksimal kraft, V_0 : teoretisk maksimal hastighet. Opphav: laget selv (inspirert av Figur 2 i Jaric, 2015).

Selv om styrke (kraft) og hurtighet (hastighet) er viktige «generelle» egenskaper i mange idretter forklarer det likevel ikke hele variasjonen i idrettsprestasjon. Idrettens egenart stiller krav til spesifikke egenskaper, teknikk og ferdigheter. Det er usikkert hvor spesifikke KH-profil-tester må være for å gi verdifull informasjon om treningen for spesifikke idretter. Kastere i friidrett (diskos, slegge, kule og spyd) er derfor en interessant utøvergruppe, fordi de er vant med å trene og teste i øvelser som egner seg godt som generelle og spesifikke KH-tester. Ved å kaste redskaper med ulik tyngde så langt man klarer kan man etablere en kastspezifikk «KH-profil» (Zatziorsky & Kraemer, 2006, referert i Vedlegg 1). I praksis beskriver en slik profil forholdet mellom redskapstyngde og kastlengde. Zatziorsky og Kraemer (2006, referert i Vedlegg 1) foreslår at trening av sin relativt «svakere» egenskap kan benyttes for å øke kastprestasjonen. For en utøver som kaster relativt lenger med tung redskap vil det innebære å prioritere kasting med lett redskap i kasttreningen. Trening med ulik redskapstyngde har vist seg å gi spesifikke tilpasninger til den tyngden man har trent på hos kulestøtere (Zatziorsky & Karaslov, 1978, referert i Zatziorsky & Kraemer, 2006, s.159), men med overførbarhet til standardvekten. Om effekten av individuelt tilpasset

trening med bakgrunn i kastprofilen er større enn ikke-individualisert trening er imidlertid ikke kjent. Selv om kastere trener mye generell styrketrening måles idrettsprestasjonen i meter kastet med redskapen. Prioriteringen mellom generell og spesifikk trening er en problemstilling trenere, utøvere og idrettsforskere er nysgjerrige på. Denne problemstillingen er relevant i idretter generelt og kast spesifikt (DeRenne, Ho & Murphy, 2001; van den Tillaar, 2004; Waller, Gersick, Townsend & Ford, 2014). Kastlengden er et resultat av hastigheten redskapen har i frigjøringsfasen, samt redskapens utgangshøyde og -vinkel. Det dreier seg med andre ord om å finne den kombinasjonen av kraft og hastighet som gir redskapen størst utgangshastighet.

1.1 Formål

Dette samarbeidsprosjektet mellom Olympiatoppen og Norges Idrettshøgskole har flere formål. For det første ønsker vi å beskrive generelle KH-profiler og spesifikke kastprofiler hos kastere i friidrett samt undersøke den numeriske sammenhengen mellom helningen (slopen) til profilene (samtidig validitet; Figur 2). I den forbindelse lurert vi også på om kastprofilene viser et lineært mønster. Sammenhengen mellom S_{fv} og slopen til kastprofilene kan gi nyttig informasjon om hvor spesifikke KH-profil-testene må være for å gi nyttig informasjon om treningen. Holder det å teste relevante muskler, eller må også selve bevegelsen være spesifikk? Skal man prioritere kraft eller hastighet i den generelle treningen? Skal man prioritere tung (kraft) eller lett (hastighet) redskap i den spesifikke treningen? Skal fokuset være det samme i den generelle og spesifikke treningen?



Figur 2: Formål.

Figuren til venstre illustrerer hypotetiske KH-profiler fra en benpresstest for to forsøkspersoner. FP1 er mer «kraftdominant» enn FP2. Figuren til høyre illustrerer hypotetiske tyngde-lengde-profiler i sleggekast. FP1 er mer «tyngdedominant» enn FP2. Formålet med studien er blant annet å undersøke sammenhengen mellom slopen fra generelle KH-tester og spesifikke kastprofiler. Forkortelser: N: newton, m/s: meter per sekund, FP: forsøksperson, kg: kilo, m: meter. Opphav: laget selv.

For det andre ønsker vi å undersøke sammenhengen mellom generelle muskelmekaniske egenskaper som maksimal kraft, hastighet og effekt fra KH-profil-testene og kastprestasjon, og i hvilken grad disse kan forklare variasjonen i kastprestasjon. Dette kan gi nyttig informasjon om hva man burde vektlegge i den generelle treningen for å bedre idrettsprestasjonen mest mulig effektivt. Videre ønsker vi å undersøke sammenhengen mellom prestasjon i en generell kast-spesifikk test; Liakov, og generelle muskelmekaniske egenskaper, og mellom kastprestasjon i Liakov og kastprestasjon i diskos, slegge og kule. Vi vil også undersøke sammenhengen mellom kroppssammensetning og kastprestasjon.

1.2 Problemstilling

- 1) Er det en sammenheng mellom slopen i generelle KH-profiler (benpress og benkpress) og slopen i spesifikke kastprofiler?
- 2) Er det en sammenheng mellom kraft, hastighet og effekt fra generelle KH-profiler og kastprestasjon?

1.3 Hypotese

- 1) Det er en sammenheng mellom slopen i generelle KH-profiler og kastprofilene.
- 2) Det er en sammenheng mellom kraft, hastighet og effekt i generelle KH-profiler og kastprestasjon.

2. Teori

2.1 Kraft-hastighetsforholdet

KH-forholdet i isolerte muskler beskriver forholdet mellom kraft, målt i Newton (N), og forkortningshastighet, målt i meter per sekund (m/s). KH-forholdet i flerleddsbevegelser beskriver forholdet mellom kraft og hastigheten på bevegelsen (m/s). I det videre vil kurvaturen på KH-forholdet diskuteres med bakgrunn i litteraturen. Kurvaturen på KH-forholdet i flerleddsbevegelser vil spesielt vektlegges.

Desto tregere en isolert muskel forkortes, jo mer kraft kan den produsere (Alcazar et al., 2019). KH-forholdet er et fundamentalt prinsipp i treningslæren og har opphav langt tilbake i forrige århundre hvor de første studiene ble gjort på isolerte froskemuskler (Hill, 1938, referert i Alcazar et al., 2019). Nåværende evidens foreslår at KH-forholdet i isolerte skjelettmuskler følger et dobbel-hyperbolsk mønster med et knekkpunkt på høy kraft og lav hastighet (Alcazar et al., 2019). Dette skyldes sannsynligvis hastighetsspesifikk kryssbro-kinetikk (Alcazar et al., 2019). KH-forholdet i enkeltmuskler og isolerte bevegelser er foreslått å ha bakgrunn i «den glidende filament-teorien» (Huxley, 1959, referert i Alcazar et al., 2019). Teorien baserer seg på at aktin- og myosin-filamenter danner såkalte kryssbroer ved muskelkontraksjon. Redusert kraft ved høyere forkortningshastighet skyldes at det er større sannsynlighet for at aktin- og myosin-filamenter passerer hverandre uten å danne kryssbroer når hastigheten øker. Den presise kurvaturen til KH-forholdet er omdiskutert.

De siste årene har KH-forholdet i mer komplekse bevegelser med relevans for idrett fanget idrettsforskeres interesse. Studier på KH-forholdet i flerleddsbevegelser har vist et lineært mønster (Morin & Samozino, 2018; Alcazar et al., 2019). Det spekuleres likevel i om det foreslåtte lineære mønsteret følger et hyperbolsk mønster ved høye forkortningshastigheter (under ~40% av maksimal isometrisk kraft) også ved flerleddsbevegelser (Alcazar et al., 2019). En oversiktsartikkel av Jaric (2015) går i dybden på KH-forholdet i flerleddsbevegelser. Ifølge artikkelen støtter evidensen at KH-forholdet i flerleddsbevegelser er nettopp lineært. Et lineært KH-forhold er vist i hopping, benpress, sykling, og i overkroppsbevegelser som svømming, kast, rullestolsprint, roing og armsykling (Jaric, 2015). Jaric (2015) påpeker likevel at det i to

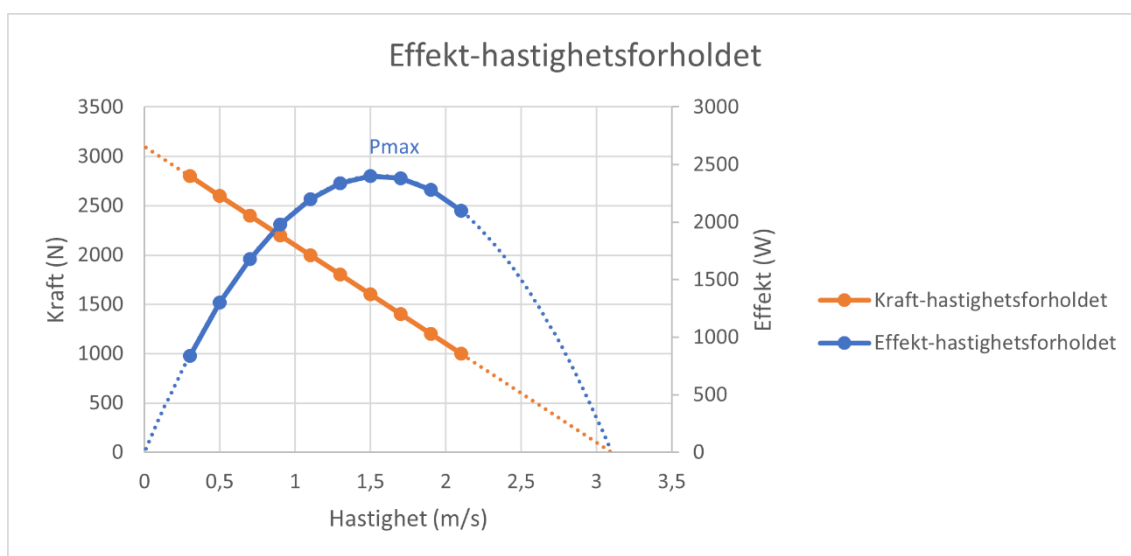
studier er brukt ikke-lineære modeller, og at det mangler studier som har sammenlignet lineære modeller med andre modeller. Jaric (2015) drøfter også mulige forklaringer på kurvaturen til KH-forholdet i flerleddsbevegelser. Bobbert (2012, referert i Jaric, 2015) viste med en benpressmodell at segmentell dynamikk begrenser kraften når hastigheten øker. Modellen viste at forholdet mellom ytre kraft og benekstensjonshastighet er tilnærmet lineært, mens forholdet mellom muskelkraft og benekstensjonshastighet er hyperbolsk. Forskjellen skyldes at segmentell dynamikk begrenser muskelkraften mer og mer når den ytre kraften reduseres og hastigheten øker (Bobbert, 2012, i Jaric, 2015).

I lys av de usikkerhetene som er drøftet rundt KH-forholdet i flerleddsbevegelser undersøkte Alcazar et al. (2020) lineær, hyperbolsk og dobbel-hyperbolsk modell for å beskrive KH-forholdet i to flerleddsbevegelser, unilateral benpress og (bilateral) benkpress. Kraft og hastighet ble målt med henholdsvis kraftplate og lineær enkoder. Lineær, hyperbolsk og dobbelhyperbolsk (Hill, 1938; Edman, 1988, referert i Alcazar et al., 2020) ligning ble sammenlignet med de målte dataene. I både benkpress og unilateral benpress var det den dobbel-hyperbolske ligningen som passet datapunktene best. Dataene avvek fra Hills ligning over 90% av F_0 , mens de avvek fra den lineære modellen under 45% av F_0 . Hills ligning overestimerte F_0 sammenlignet med dataene både for benpress (13%) og benkpress (6%). Det var stor grad av samsvar mellom lineær og dobbelhyperbolsk modell mellom 25% og 100% av F_0 både for kraft, hastighet og effekt. Man fant ingen assosiasjon mellom V_0 fra lineær og dobbelhyperbolsk modell. Både benkpress og benpress ble gjennomført fra forholdsvis høye leddvinkler (lite bevegelsesutslag) da forfatterne målte kraft ved ulike leddvinkler før de gjorde forsøket. Dette for å sørge for målinger så nærme F_0 som mulig. I benkpress målte de verdier mellom 18% og 97% av F_0 . I benpress målte de verdier mellom 35% og 92% av F_0 . Forskerne målte også elektromyografisk aktivitet i quadriceps-, hamstrings- og glutealmuskulaturen under benpress for å se om kurvaturen på KH-forholdet ved høy kraft skyldes reduserte muskeleksitasjonsnivåer. De fant ikke signifikant nedgang i elektromyografisk aktivitet på høy kraft. Elektromyografi-funnene tyder på at det dobbelhyperbolske KH-forholdet ikke skyldes nevralt inhibitoriske mekanismer. I diskusjonen påpeker artikkelforfatterne at enigheten om et lineært KH-forhold i flerleddsbevegelser nok skyldes at man ikke har testet verdier på lav nok % av F_0 . Selv knebøyhopp med kroppsvekt kan nå rundt 50% av maksimal isometrisk

kraftproduksjon (Janicijevic et al., 2019, referert i Alcazar et al., 2020). Forfatterne oppsummerer at det lineære KH-forholdet har sine begrensninger (spesielt nær V_0), men at det samtidig er raskt og enkelt. De anbefaler likevel bruk av dobbel-hyperbolske modeller for mer nøyaktig beskrivelse av KH-forholdet ved flerleddsbevegelser.

2.2 Effekt-hastighetsforholdet

Jaric (2015) skriver videre om effekt-hastighetsforholdet ved det lineære KH-forholdet. Effekt-hastighetsforholdet er illustrert i Figur 3. Et lineært KH-forhold gir en parabol effekt-hastighetskurve hvor maksimal effekt produseres på halvparten av maksimal hastighet og halvparten av maksimal kraft (Jaric, 2015). I praksis betyr det at den eksterne belastningen man produserer maksimal effekt på er relativt høyere for flerleddsbevegelser enn for isolerte muskler. Det paraboliske effekt-hastighetsforholdet kan i betydelig grad forenkle valget av optimal ekstern belastning for trening av maksimal effekt (Jaric, 2015).



Figur 3: Effekt-hastighetsforholdet.

Oransje punkter illustrerer kraften (N) og hastigheten (m/s) målt på hver belastning i en hypotetisk 10-trinns KH-test. Oransje heltrukket linje illustrerer den lineære regresjonen gjennom punktene. Oransje stipledd linje illustrerer ekstrapoleringsdistansen til teoretisk maksimal kraft (F_0) og teoretisk maksimal hastighet (V_0). Blå punkter illustrerer produktet av kraft og hastighet, effekt, målt i Watt (W; sekundær y-akse), på ulike hastigheter. Blå heltrukket linje (parabol kurve) illustrerer den polynome regresjonen til effekt-hastighetsforholdet. Blå stipledd linje illustrerer ekstrapoleringsdistansen til den polynome regresjonen. Toppen av den paraboliske kurven illustrerer teoretisk maksimal effekt (P_{max}). Teoretisk maksimal effekt kan regnes ut som $(F_0 \times V_0)/4$ (Jaric, 2015). Forkortelser: N: Newton, m/s: meter per sekund, W: Watt, P_{max} : teoretisk maksimal effekt. Opphav: laget selv (inspirert av Figur 2 i Jaric, 2015).

Muskulær effekt påvirkes i all hovedsak av tre biologiske faktorer: *muskelmekanikk*, *morfologiske faktorer* og *nevralfaktorer* (Cormie, McGuigan & Newton, 2011). I det videre vil disse tre faktorene beskrives med bakgrunn i den siterte oversiktsartikkelen.

Muskulær effekt påvirkes i hovedsak av tre *muskelmekaniske faktorer*: *KH-forholdet*, *lengde-spenningsforholdet* og *kontraksjonstype*. *KH-forholdet* avgjør, som tidligere beskrevet, hvor mye kraft en muskel kan produsere på ulike forkortningshastigheter. *Lengde-spenningsforholdet* påvirker potensiale for kraftproduksjon gjennom at sarkomerer har en optimal lengde hvor de utvikler mest kraft (flesteplasser dannet). *Lengde-spenningsforholdet* påvirker *KH-forholdet* gjennom påvirkning av en muskels evne til å utvikle kraft. Effekt påvirkes også av *kontraksjonstype*. Spesielt er det diskutert i forskningsmiljøene hva som gjør at såkalte strekk-forkortningscykluser øker effekt sammenlignet med for eksempel rene konsentriske kontraksjoner. Økt tid til kraftutvikling (ref. *KH-forholdet*), fordi agonistmuskelen allerede utvikler eksentrisk kraft i strekk-syklusen før den konsentriske kontraksjonen kan være en forklaring. Videre kan lagring og frigjøring av elastisk energi i muskelseneenhetens elastiske komponenter (kryssbroer, aponevroser, sener) øke effekten. Interaksjon mellom elastiske og kontraktile elementer i muskelseneenheten kan også forklare den økte effekten en ser ved strekk-forkortningscykluser: 1) senestrukturer står for det meste av lagringen og frigjøringen av energi fra den eksentriske til den konsentriske fasen, noe som gjør at 2) muskelfibrene har minimal lengdeendring og derfor kan produsere mer kraft fordi de opererer nærmere optimal lengde (ref. *lengde-spenningsforholdet*), 3) selv om forkortningshastigheten til hele muskelseneenheten er høy, er fasikkellengdeendringer relativt tregere, noe som gjør at muskelfibrene kan produsere mer kraft (ref. *KH-forholdet*). Med andre ord produserer de kontraktile elementene mye kraft, mens de elastiske elementene i muskelseneenheten fordeler energien og forsterker effekten.

Av *morfologiske faktorer* trekker Cormie et al. (2011) frem *muskelfibertype*, *muskelarkitektur* (*tverrsnitt*, *fasikkellengde*, *pennasjonsvinkel*) og *seneegenskaper*. Når det gjelder *fibertypesammensetning* utvikler type II fibre mer effekt per tverrsnitt. Som resultat produserer muskler med høy andel type II fibre mer effekt. Når det gjelder *tverrsnitt*, skriver artikkelforfatterne at kraften en muskelfiber kan generere er direkte proporsjonal til tverrsnittet, noe som igjen påvirker effekten. Selv om studier viser at

økning i maksimal kraft og effekt følger hypertrofi, er det også foreslått at sammenhengen avtar med høyere treningsalder. *Fasikkellengde* er vist å ha nær sammenheng med maksimal forkortningshastighet. *Pennasjonsvinkel* påvirker trolig effekt gjennom påvirkning av KH-forholdet ved to mulige mekanismer: 1) økt pennasjonsvinkel gir mulighet for at flere sarkomerer kan arrangeres i parallell og derfor trekke kraftigere i en del av aponevrosen/senen, og 2) økt pennasjonsvinkel gjør at muskelfibre kan operere nærmere optimal lengde og derfor utvikle mer kraft (ref. lengde-spenningsforholdet). *Seneegenskaper* påvirker effekt gjennom påvirkning av samspillet mellom kontraktile og elastiske komponenter i muskelseneenheten, som tidligere diskutert.

Nervesystemets evne til å hensiktsmessig aktivere musklene påvirker effekt. Det dreier seg da om evnen til å *rekruttere motorenheter, fyringsfrekvens, synkronisering av synergister og intermuskulær koordinasjon*. *Rekruttering av motorenheter* foregår etter størrelsesprinsippet. Økt agonistaktivering og dermed økt effekt er foreslått å foregå gjennom tre mekanismer relatert til rekruttering av motorenheter: 1) økt rekruttering, 2) spesifikk rekruttering av høytterskel motorenheter, 3) senket terskelnivå for rekruttering. *Fyringsfrekvens* spiller en rolle i utviklingen av muskulær effekt gjennom å påvirke kraft og hurtighet på kraftutvikling (rate of force development, forkortet «RFD»). *Synkronisering av motorenheter* er også foreslått å øke både kraft og hurtigheten på kraftutviklingen. *Intermuskulær koordinasjon* handler i hovedsak om samspillet mellom agonister, synergister og antagonister. Økt synergistaktivitet og/eller økt samspill mellom synergister kan påvirke effekt. Det samme kan nedgang i antagonistaktivering gjennom redusert resiprok inhibisjon.

2.3 Hastighetsspesifisitet

Spesifisitetsprinsippet i styrketrening inngår som ett av de generelle treningsprinsippene (Raastad, Paulsen, Refsnes, Rønnestad & Wisnes, 2010, s.111). Hastighetsspesifisitet betyr at treningstilpasninger er størst på eller nær hastigheten brukt i trening (Kawamori & Newton, 2006). Hastighetsspesifisitet må sies å være et premiss for KH-profiler. Hvis trening ikke gir spesifikke tilpasninger til hastigheten man trener på er det også urimelig å anta at man kan påvirke effekten gjennom endring av KH-profilen.

Pereira og Gomes (2003) virker å være den nyeste oversiktsartikkelen på hastighetsspesifisitet. Ved isokinetisk trening (dynamiske muskelkontraksjoner med konstant leddvinkelhastighet) viste 6 studier (Pipes & Wilmore, 1975; Smith & Melton, 1981; Moffroid & Whipple, 1970; Caiozzo et al., 1981; Adeyanju et al., 1983; Garnica, 1986, referert i Pereira & Gomes, 2003) at trening på lav hastighet (20-96° per sekund) ga en generell økning i dreiemoment (N) på lav og høy hastighet, men at økningen var størst ved lave hastigheter. To studier (Coyle et al., 1981; Ewing et al., 1990, referert i Pereira & Gomes, 2003) viste at trening på lav hastighet kun økte dreiemomentet ved lav hastighet. For høyhastighetstrening (100-300° per sekund) viste 5 studier (Pipes & Wilmore, 1975; Moffroid & Whipple, 1970; Coyle et al., 1981; Adeyanju et al., 1983; Timm, 1987, referert i Pereira & Gomes, 2003) effekt på både høy og lav hastighet, mens 4 studier fant effekt kun på høy hastighet (Smith & Melton, 1981; Caiozzo et al., 1981; Garnica, 1986; Ewing et al., 1990, referert i Pereira & Gomes, 2003). Pereira og Gomes (2003) konkluderer med at økninger virker å være større på den hastigheten man trener på, men at det er overføringseffekt. Forfatterne etterlyser mer forskning på effekten av hastighet ved frivektstrening og effekten av hastighet på effekt og idrettsprestasjon.

Kawamori og Newton (2006) gikk videre i dybden på mekanismene bak hastighetsspesifisitet. De lurte på om det er hastigheten i seg selv eller hastighetsintensjonen som avgjør tilpasningene. Behm og Sale (1993, referert i Kawamori & Newton, 2006) fant lik økning i høyhastighetsstyrke ved isometrisk (trening uten bevegelse) og isokinetisk trening for Tibialis anterior gjennomført med intensjon om maksimal hastighet. Funnet støtter en teori om at hastighetsintensjonen avgjør tilpasningene. Behm og Sale (1993, referert i Kawamori & Newton, 2006) foreslår at nevralt tilpasninger i aktiveringsmønsteret og høy RFD i arbeidende muskulatur er mulige mekanismer. På en annen side har noen studier vist at faktisk bevegelseshastighet også spiller en rolle i tilpasninger til styrketrening (Kaneko et al., 1983; McBride et al., 2002, referert i Kawamori & Newton, 2006). Kawamori og Newton (2006) foreslår at nevralt tilpasninger muligens forklarer den initiale tilpasningen hos utrente, mens muskulære tilpasninger forklarer tilpasninger hos bedre trente individer. De anbefaler videre at idrettsutøvere burde trene styrke langs hele

hastighetskontinuumet med intensjon om maksimal hastighet (i tillegg til idrettsspesifikk trening).

2.4 KH-forholdet og ballistisk idrettsprestasjon

Ballistisk prestasjon kan defineres som evnen til å akselerere en masse så mye som mulig for å nå den høyeste hastigheten på kortest mulig tid i fraspark, enten med egen kroppsmasse eller en ekstern masse (eksempelvis et kastredskap) (Morin & Samozino, 2018). Hastigheten ved fraspark avhenger av den mekaniske impulsen i bevegelsesretningen (Morin & Samozino, 2018). Ballistisk prestasjon er i stor grad bestemt av maksimal effekt, men også den individuelle KH-profilen spiller inn (Samozino, Morin, Hintzy & Belli, 2010, Samozino, Rejk, Di Prampero, Belli & Morin, 2012; Samozino et al., 2014; Morin & Samozino, 2016; Morin & Samozino, 2018). Mekaniske muskelegenskaper kan beskrives ved å se på KH- og effekt-hastighetsforholdet, som setter de ytre grensene for det nevromuskulære systemet (Morin & Samozino, 2018). KH- og effekt-hastighetsforholdet kan typisk beskrives ved å se på den maksimale kraften (F_0), maksimale hastigheten (V_0) og maksimal effekten (P_{\max}). Når vi vet at effekt er produktet av kraft og hastighet, er det naturlig å stille seg spørsmålet hvilken av de to egenskapene som er viktigst for å maksimere ballistisk prestasjon.

På bakgrunn av et teoretisk rammeverk (Samozino et al., 2010, referert i Samozino et al., 2012), undersøkte Samozino et al. (2012) i hvilken grad P_{\max} og KH-profilen påvirker ballistisk idrettsprestasjon (hopp). En biomekanisk modell ble sammenlignet med eksperimentelle data fra 14 subjekter. Modellen viste seg å ha en feilmargin på 4-7% sammenlignet med de eksperimentelle dataene. Funnene i studien tyder på at både P_{\max} og KH-profilen avgjør ballistisk prestasjon, og at det finnes en optimal balanse mellom kraft og hastighet for hvert individ. Den teoretiske modellen foreslår at hastigheten ved frasparket for en gitt maksimal effekt endrer seg som en funksjon av KH-profilen i et kurvelineært forhold, og at en ugunstig KH-profil kan gi 30% prestasjonstap ved samme maksimale effekt.

I forlengelsen av dette undersøkte Samozino et al. (2014) eksperimentelt i hvilken grad KH-profilen påvirker hopp-prestasjon uavhengig av P_{\max} . KH-profiler fra knebøyhopp

for 48 forsøkspersoner ble utarbeidet. Optimale KH-profiler ble også utarbeidet med bakgrunn i modellen, slik at man kunne kvantifisere kraft-hastighets-imbalsen (heretter: «KH_{imb}»). KH_{imb} tallfester forskjellen mellom faktisk KH-profil og en teoretisk optimal KH-profil (heretter: «KH_{opt}»). Multippel regresjon viste at P_{max}, KH_{imb} og ekstensjonsdistansen til underekstremitetene forklarte 93% av variasjonen i hopphøyde. I tillegg ble maksimal hypotetisk hopphøyde kalkulert. KH_{imb} økte forskjellen mellom faktisk hopphøyde og teoretisk maksimal hopphøyde. I praksis vil det si at KH_{imb} gjør at atleten ikke når maksimal effekt på kroppsvekt, og at man derfor ikke får utnyttet effektegenskapene sine på denne motstanden.

2.5 Trening etter KH-profil

Totalt fem studier virker å ha undersøkt effekten av individualisert trening med bakgrunn i KH_{imb}. I det videre vil disse presenteres i kronologisk rekkefølge etter publikasjonsår.

Jimenez-Reyes et al. (2017) var de første til å eksperimentelt undersøke effekten av individualisert trening basert på KH_{imb}. De ønsket å undersøke om og i hvilken grad ulik trening påvirket KH_{imb}, og hvordan dette igjen påvirket hopphøyde. Åttifire godt trente forsøkspersoner med >1 år styrketreningserfaring ble delt i tre grupper basert på den initiale KH_{imb}: 1) en «optimalisert» gruppe, som igjen ble inndelt i «kraftmangel» (n=22), «hastighetsmangel» (n=18) og «velbalansert» (n=6), 2) en «ikke-optimalisert» gruppe som trente et generelt styrke- og spenstprogram (n=18), og 3) kontrollgruppe (n=20). Treningssperioden varte i 9 uker med to økter per uke. Gruppe 1 og 2 var matchet på treningsvolum, men varierte andelen trening innenfor fem kategorier langs KH-kontinuumet (kraft, kraft-effekt, effekt, effekt-hastighet og hastighet).

Kontrollgruppen gjorde ingen styrketrening. Subgruppen med kraftmangel gjorde i hovedsak kraftorientert trening med høy belastning, mens subgruppen med hastighetsmangel gjorde hastighetsorientert styrketrening. Gruppen med balansert profil trente jevnt over hele spekteret (tunge vekter, effekt-trening og ballistisk trening). Det samme gjorde gruppen som trente «ikke-optimalisert», bare at disse gjorde det uavhengig av den initiale KH_{imb}. I optimalisert gruppe var målet å redusere KH_{imb} gjennom å påvirke F₀ eller V₀, eller øke P_{max} dersom utøveren hadde en balansert KH-profil. Resultatene viste store endringer i KH_{imb} for gruppen som trente optimalisert,

men ikke for de som trente «ikke-optimalisert». Gruppen med kraftmangel forbedret hoppøyden med $14,2 \pm 7,3\%$, gruppen med hastighetsmangel forbedret hoppøyden med $12,7 \pm 5,7\%$, velbalansert gruppe forbedret hoppøyden med $7,2 \pm 4,5\%$, mens «ikke-optimalisert» gruppe forbedret hoppøyden med $2,3 \pm 4,7\%$. Hovedfunnene fra studien støtter hypotesen om at et treningsprogram individualisert etter KH_{imb} er mer effektivt for å forbedre hopp-prestasjon enn et generelt styrketreningsprogram uavhengig av subjektens initiale KH-profil og KH_{opt} . Studien viste også at en økning i hopp-prestasjon var mulig gjennom reduksjon av KH_{imb} uten samtidig endring av effekt.

Rakovic, Paulsen, Helland, Eriksrud og Haugen (2018) undersøkte effekten av individuelt tilpasset trening etter den horisontale KH_{imb} (Morin & Samozino, 2016; Samozino et al., 2016, referert i Rakovic et al., 2018) sammenlignet med «vanlig» sprinttrening på sprintprestasjon hos håndballspillere på høyt nasjonalt nivå. Deltakerne ble randomisert til enten individualisert sprinttrening ($n=11$) eller generell sprinttrening ($n=10$). Den individualiserte gruppa ble videre delt i tre subgrupper basert på den initiale KH_{imb} . Subgruppene trente henholdsvis sprint med motstand (kraftmangel), assistert sprint (hastighetsmangel) eller med motstand første halvdel og med assistanse siste halvdel av treningsperioden (jevn profil). Intervensjonen varte i 8 uker. Hovedutfallsmålet var 30 m sprint. Begge gruppene hadde i gjennomsnitt 1% bedring i sprinttid og 2% bedring i V_0 uten signifikante forskjeller mellom gruppene.

I forlengelsen av pilotundersøkelsen undersøkte Jimenez-Reyes et al. (2019) effekten av trening individualisert etter KH_{imb} på F_0 , V_0 , P_{max} , KH_{imb} og hoppøyde. De ønsket i tillegg til tidligere også å undersøke hvor lang tid det tok før hvert individ nådde KH_{opt} , samt effekten av 3 ukers detrening på KH_{imb} . Seksti subjekter ble delt i fire hovedgrupper: høy og lav kraftmangel og høy og lav hastighetsmangel. Studien varte til alle individene oppnådde en velbalansert KH-profil. Resultatene viste at alle fire gruppene hadde store endringer i KH_{imb} . Endringene i hoppøyde varierte mellom 7,8 % og 17,1 %, med størst prosentvis endring hos de med initialt stor kraftmangel. Studien støtter på sett og vis det piloten også viste: et individuelt tilpasset styrketreningsprogram basert på KH_{imb} virker å være en effektiv strategi for å bedre hopp-prestasjon. Videre viste den at individualisering av treningsinnhold og tid førte til at alle deltakerne til slutt (24 uker på det lengste for en deltaker med stor kraftmangel) nådde en nær optimal KH-

profil ($\pm 10\%$ av KH_{opt}). Studien viste også at en detreningsperiode på 3 uker ikke hadde noen påvirkning på KH_{imb} . Optimalisert trening hadde i tillegg effekt på F_0 , V_0 og P_{max} . Regresjonsanalyser viste at 48% av endringene i hoppøyde skyldtes endringer i KH_{imb} . Endringer i P_{max} forklarte 38% av endringene i hoppøyde. Artikkelforfatterne tar opp behovet for individualisering i diskusjonen, og peker på hvordan tidligere forskning med ulike programmer for bedring i hopp-prestasjon har brukt både tunge og lette vekter uten å ta hensyn til individuelle KH-profiler. De mener dette kan forklare de store interindividuelle forskjellene i effekt av programmene og de uklare grupperesponsene i tidligere studier. En hypotese etter piloten var at de med stor kraftmangel trenger lenger tid for å nå KH_{opt} enn resten pga. tiden det tar å endre på muskelstrukturer. Subgruppen med stor kraftmangel brukte i gjennomsnitt $15,9 \pm 3,8$ uker på å nå KH_{opt} , mens gruppen med liten kraftmangel i snitt brukte $9,2 \pm 2,0$ uker. Korrelasjonsanalyser viste signifikant sammenheng mellom størrelsen på den initiale KH_{imb} og tiden det tok for hvert individ å nå KH_{opt} . Artikkelforfatterne påpeker at funnene i gruppen med hastighetsmangel viser at en individualisert tilnærming effektivt skifter KH-profilen gjennom å øke V_0 , noe som er i tråd med tidligere studier som har forsøkt å påvirke maksimal hastighet og prinsippet om hastighetsspesifisitet.

Zabaloy, Pareja Blanco, Giraldez, Rasmussen og Gonzalez (2020) undersøkte effekten av individualisert trening med bakgrunn i KH_{imb} på styrke (1RM i knebøy), spenst (svikthopp) og sprint (30 m) hos godt trente rugbyutøvere. Utøverne ble randomisert til enten individualisert ($n=26$) eller ikke-individualisert trening ($n=8$). Individualisert gruppe ble ytterligere inndelt etter KH_{imb} : kraftmangel ($n=11$), hastighetsmangel ($n=6$) og velbalansert ($n=9$). Avvik på $>\pm 10\%$ fra KH_{opt} gjorde at man havnet i «mangelgruppene». Deltakerne trente 2 ganger i uka over 7 uker. Treningprogrammene var like i volum og øvelser mellom gruppene, men hadde forskjellig belastning på knebøy og knebøyhopp (40-60% av 1RM og 40-60% av kroppsvekt for de med hastighetsmangel, 60-75% av 1RM og kroppsvekt for velbalansert og 75-85% av 1RM og kroppsvekt for de med kraftmangel). På sprint fant man ingen signifikante forskjeller mellom noen av gruppene, noe som er i tråd med funnene til Rakovic et al. (2018). Man fant heller ingen signifikante forskjeller mellom gruppene på verken 1RM i knebøy eller hoppøyde. Man fant derimot signifikante endringer F_0 , V_0 og KH_{imb} mellom gruppene. «Hastighetsmangel» hadde signifikant økning i V_0 (effektstørrelse 1,43, $p=0,04$), men

også signifikant nedgang i F_0 . «Kraftmangel» hadde signifikant økning i F_0 (effektstørrelse 1,00, $p=0,02$). Begge gruppene hadde signifikant endring i KH_{imb} , i motsetning til den ikke-individualiserte gruppen og den velbalanserte gruppen. Samlet sett støtter studien en endring i KH_{imb} for individualisert trening, selv om ingen av gruppene viste overføring til prestasjonstestene. Dette står i kontrast til Jimenez Reyes et al. (2017, 2019) sine resultater, som viste bedret hopp-prestasjon til tross for liten endring i P_{max} . Forfatterne spekulerer i om nevromuskulær trøtthet grunnet treningsvolumet i sesong, eller for liten tid (7 uker), kan forklare diskrepansen i resultatene. De trekker også frem at økning i F_0 og V_0 gjerne var akkompagnert med nedgang i motsatt kvalitet, og gjør et poeng av at man ikke skal «glemme» å vedlikeholde sin «gode» egenskap.

Escobar Alvarez et al. (2020) undersøkte effekten av 9 uker individualisert trening etter KH_{imb} på svikthopp hos ballettdansere. Trettiseks dansere trente et individualisert styrkeprogram. Kontrollgruppen ($n=10$) gjennomførte ikke noe styrketrening. I tillegg til svikthopp målte de også mekaniske variabler (KH_{imb} , F_0 , V_0 og P_{max}) før og etter intervensjonen. KH-profiler ble etablert ved å bruke «Samozinos feltmetode» og appen «My Jump 2». Den eksperimentelle gruppen ble så inndelt etter størrelsen på KH_{imb} . Seksten forsøkspersoner havnet i en gruppe med lav kraftmangel (10-40% avvik fra KH_{opt}), mens 20 havnet i en gruppe med høy kraftmangel (>40% avvik fra KH_{opt}). Forskerne gjennomførte tester på uke 3 og 6 hvor forsøkspersonene eventuelt byttet gruppe dersom profilen havnet i en ny kategori. Etter 9 uker hadde kontrollgruppen ingen signifikante endringer i verken hopp høyde eller mekaniske variabler.

Eksperimentgruppen økte hopp høyden med svikt fra 29 ± 3 til 34 ± 4 cm (effektstørrelse=1,21, $p=0,01$), F_0 fra 24 ± 2 N/kg til 30 ± 3 N/kg (effektstørrelse=2,3; $p=0,01$). V_0 gikk fra $4,0 \pm 0,6$ m/s til $3,2 \pm 0,5$ m/s (effektstørrelse=1,45; $p=0,01$). KH_{imb} (%) gikk fra 44 ± 15 til 25 ± 9 (effektstørrelse=1,51; $p=0,01$). P_{max} endret seg ikke. Dette ga signifikante forskjeller og stor til veldig stor effektstørrelse i forskjell mellom gruppene for både hopp høyde med svikt (effektstørrelse=1,7; $p=0,01$), KH_{imb} (effektstørrelse=1,9; $p=0,01$), V_0 (effektstørrelse=1,8; $p=0,01$) og F_0 (effektstørrelse=2,5; $p=0,01$). Funnene støtter hypotesen om at KH_{imb} påvirker ballistisk prestasjon uten endringer i P_{max} , ettersom den eksperimentelle gruppen økte hopp høyde uten endringer i P_{max} .

2.6 Kastidrett

2.6.1 Kulestøt

Kulestøt er en idrett hvor man støter en kule på 7,26 kg for menn og 4 kg for kvinner så langt som mulig. Idretten inngår som en av de fire tradisjonelle kastdisiplinene i friidrett, sammen med slegge, diskos og spyd. Kulestøtere benytter seg grovt sett av to type teknikker: hinketeknikk og rotasjonsteknikk. Ifølge Zatziorsky (1981) avhenger den horisontale distansen en kule støtes av: 1) den initiale hastigheten kula har når den forlater hånden, 2) vinkelen kula har når den forlater hånden, og 3) høyden kula har når den forlater hånden. Han skriver videre at hastigheten er den viktigste av disse komponentene, og at hastigheten avhenger av størrelsen og retningen på kreftene som virker på kula. Han skriver også at utgangsvinkel og -høyde er faktorer som i større grad er forhåndsbestemt og upåvirkelig ved trening. I det videre vil det redegjøres for de tverrsnitts- og effektstudiene som er publisert på kulestøt.

Terzis, Karampatsos og Georgiadis (2007) undersøkte sammenhengen mellom aktivisering av ulike muskler i over- og underkropp og prestasjon i kulestøt med hinketeknikk hos 8 erfarne kulestøtere. Elektromyografisk aktivitet ble målt under kulestøt og normalisert relativt til målinger på samme muskelgrupper tatt under 1RM tester i knebøy og skrå benkpress. Prestasjon i kulestøt var signifikant korrelert med 1RM i knebøy ($R=0,76$) og 1RM i benkpress ($R=0,75$). I tillegg var prestasjon i kulestøt signifikant korrelert med gjennomsnittlig elektromyografisk aktivisering av Vastus lateralis ($R=0,91$) og Pectoralis major ($R=0,75$) i leveringsfasen av støtet. Forfatterne foreslår at de som er sterke i knebøy også klarer aktivere en større andel av lårmuskulaturen i kast sammenlignet med mindre sterke utøvere.

Kyriazis, Terzis, Boudolos og Georgiadis (2009) undersøkte sammenhengen mellom muskulær effekt, nevromuskulær aktivisering og prestasjon i kulestøt med hinketeknikk hos 9 kulestøtere. De gjorde målinger både i før-sesong og sesong. De målte elektromyografisk aktivitet i Vastus lateralis under kast, 1RM i knebøy og mekaniske variabler i svikthopp (gjennomført på kraftplattform) ved de to tidspunktene. Prestasjon i kulestøt var i konkurransesesong signifikant korrelert med maksimal effekt ($R=0,66-0,70$) og vertikal hastighet ($R=0,70-0,76$) i svikthopp med kroppsvekt, 20 kg stang og 30% av 1RM i knebøy. Man fant ikke de samme sammenhengene i før-sesongen.

Sammenhengen mellom 1RM i knebøy og kastprestasjon var lav og ikke-signifikant på begge tidspunkt ($R=0,35$ og $0,38$). Sammenhengen mellom vertikal kraft i svikthopp og kastprestasjon var lav og ikke-signifikant ved begge tidspunkt. Elektromyografisk aktivitet i høyre Vastus lateralis var signifikant korrelert med kastprestasjon både i før-sesong og sesong ($R=0,81$ og $R=0,80$).

Terzis, Stratakos, Manta og Georgiadis (2008) undersøkte effekten av et 14-ukers styrketreningsprogram etterfulgt av 4 uker treningsfri på kastprestasjon hos 11 unge menn sammenlignet med 6 kontroller. Ingen kast-trening ble gjort i de 18 ukene. De gjorde målinger av kastprestasjon, 1RM i knebøy, benkpress og benpress, fettfri masse med DXA samt fibertypesammensetning og -tverrsnitt ved biopsier av Vastus lateralis ved tre tidspunkter: før (T1), etter 14 uker styrketrening (T2) og etter 4 uker detrening (T3). Ingen av deltakerne hadde erfaring med kulestøt fra tidligere, men deltok på 4 timer teknikktrening per uke i 5 uker før studiestart. Treningsprogrammet besto av styrketreningsøvelser for hele kroppen med tung motstand fra uke 3 og utover (6RM). Kastprestasjon ble målt med 4 ulike kast med 6 kg kule: 1) knebøy underhåndskast, 2) stående kast over hodet baklengst (Liakov), 3) enarms stående kast med parallelle ben og 4) enarms kast fra «power position». Kastprestasjon økte signifikant med 6-12% i styrketreningsgruppen uten endring for kontrollene. Maksimal muskelstyrke i øvelsene økte signifikant med mellom 22% og 34% mellom T1 og T2, og gikk ned mellom 4% og 5,5% ved T3. Fettfri masse var på alle tidspunkt signifikant korrelert med prestasjon i alle de fire kastene. 4 uker detrening ga ikke nedgang i kastprestasjon til tross for reduksjon i type II muskelfibertverrsnitt, en liten nedgang i fettfri masse og litt nedgang i maksimal muskelstyrke. Forfatterne spekulerer i om dette har å gjøre med en prosentvis økning i type IIx muskelfibre mellom T2 og T3.

Zaras et al. (2013) undersøkte effekten av 6 uker styrketrening vs. effekt-trening på kuleprestasjon hos utøvere med relativt kort fartstid i idretten (6 måneder). De målte også hopp med svikt, 1RM i benpress, benkpress og halv knebøy i Smith-maskin, ballistisk prestasjon i disse øvelse, samt muskelarkitektur og -morfologi i Vastus lateralis. Totalt 9 subjekter fullførte styrketreningsprotokollen, mens 8 subjekter fullførte effektprotokollen. Begge treningsprogrammene besto av benpress, benkpress i Smith-maskin og halv knebøy i Smith-maskin. Øvelsene ble gjennomført 3 ganger i uka

over 6 uker. Styrkegruppen gjennomførte øvelsene med vekter tilsvarende 6RM, mens effektgruppen gjennomførte øvelsene ballistisk med motstand tilsvarende 30% av 1RM. Gruppen som trente ballistisk trente med intensjon om maksimal hastighet i alle øvelsene med mål om å «kaste» sleden i benpress, stangen i benkpress og hoppe i knebøy. Ingen av gruppene gjennomførte kast-trening i perioden. Protokollen ble justert slik at begge gruppene gjorde den samme mengden arbeid målt i joule, men forfatterne påpeker at både tid under belastning og selvrapportert utmattelse var høyere i gruppen som trente tung styrketrening. Kuleprestasjon ble testet før og etter intervensjonen. Utøverne ble testet i tre øvelser med 6 kg kule: 1) Liakov, 2) knebøykast under hodet og 3) enarms stående kast med bena parallelt. Styrketreningsgruppen hadde signifikant økning i kastprestasjon med $13,4 \pm 3,6\%$, $11,6 \pm 3,2\%$ og $7,3 \pm 2,7\%$ for henholdsvis Liakov, knebøykast under hodet og enarms stående kast. Effektgruppen økte $11,6 \pm 2,9\%$, $8,3 \pm 3,2\%$ (ikke-signifikant) og $6,2 \pm 2,7\%$ i de samme kastene. Funnene tyder på at både tung styrketrening og effekt-trening øker kulestøtprestasjon i lik skala. Maksimal styrketrening ga større økning i maksimal muskelstyrke, muskeltykkelse og fibertverrsnitt, samt redusert andel type IIx muskelfibre. Effekttrening ga mindre økning i maksimal styrke, økning i hopp høyde (i motsetning til maksimal styrketrening, som ikke ga økning i hopp høyde), større økning i ballistisk styrke, samt bevart andel og økning i fibertverrsnitt for type IIx muskelfibre. Resultatene indikerer at kastprestasjon ble mest påvirket av økning i kraft for styrketreningsgruppen. Effektgruppens økning i kastprestasjon kan derimot sannsynligvis tilskrives tilpasninger av type IIx muskelfibre (36% økning i tverrsnitt).

Sakamoto, Kuroda, Sinclair, Naito og Sakuma (2018) undersøkte effekten av benkpress (fri-benk, n=4) versus benkpresskast (Smith-maskin, n=5) på styrke i benkpress samt sittende og stående kulestøt hos 9 kulestøtere på universitetsnivå. Utøverne gjennomførte 2 økter per uke over 12 uker med enten benkpresskast eller benkpress i tillegg til sin vanlige trening. Treningen besto av 6 serier per økt. To serier ble gjennomført på 50% av 1RM, to på 40% av 1RM og to på 30% av 1RM. Antall repetisjoner var ikke fastsatt, men settene ble stoppet etter 20 sekunder. Det gjorde at gruppen som trente vanlig benkpress gjennomførte litt flere repetisjoner sammenlignet med gruppen som kastet stangen (pga. flytiden). Utøverne ble testet før og etter treningsperioden i 1RM i benkpress, sittende kulestøt (fastspent til en skråbenk) og

vanlig kulestøt. Gruppen som trente benkpresskast økte 1RM med 10%, sittende kulestøt med 11,7% og vanlig kulestøt med 3,8%. De som trente benkpress uten kast hadde til sammenligning ingen signifikant økning i utfallsmålene.

Zatsiorsky og Karaslov (1978, referert i Zatziorsky & Kraemer, 2006, s. 159) undersøkte effekten av trening med ulike redskapstygde på kastprofilen i kulestøt. Fire utøvere trente alle støtene med standard kule (7,26 kg), fire utøvere trente 70/30% med henholdsvis tung (8-10 kg) og standard kule, mens fire utøvere trente 70/30% med henholdsvis lett (4,5-6 kg) og standard kule. Etter 7 uker viste resultatene at tilpasningene var spesifikke til redskapstygden man trente med, men at treningen også hadde overføringseffekt til standard kule.

2.6.2 Diskoskast

I diskos kaster man en flat, rund plate så langt som mulig med en hånd. Man benytter en rotasjonsteknikk som overfører energi til redskapen. Redskapen veier 2 kg for menn og 1 kg for kvinner. Diskoskastet kan grovdeles i leveringsfasen og flyfasen (Hubbard, 1989, referert i Bartlett, 1992). Leveringsfasen kan igjen deles i fem subdivisjoner, i tillegg til «før-svingningsfase» og «innhentingsfase» (Bartlett, 1990, referert i Bartlett, 1992). Ifølge Bartlett (1992) er leveringshastigheten den klart viktigste leveringsvariabelen. Ved litteratursøk finner man verken tverrsnitts- eller effektstudier på diskoskast. Det finnes derimot en god del litteratur på teknikkvariabler.

2.6.3 Sleggekast

I sleggekast kaster man en kule via en vaier med håndtak. Redskapen veier 7,26 kg for menn og 4 kg for kvinner. Kastlengden bestemmes i stor grad av farten slegga oppnår når utøveren roterer rundt sin egen akse, i tillegg til radiusen fra kula til kroppen. Fasene i et sleggekast kan grovt sett deles inn forberedende sving (ofte 2-3 stk.), 1. rotasjon (kontrollrotasjon), 2., 3. og eventuelt 4. rotasjon, og til slutt utkastet. En rotasjon består igjen av ettbensfasen (selve rotasjonen) og tobensfasen, hvor slegga påføres kraft.

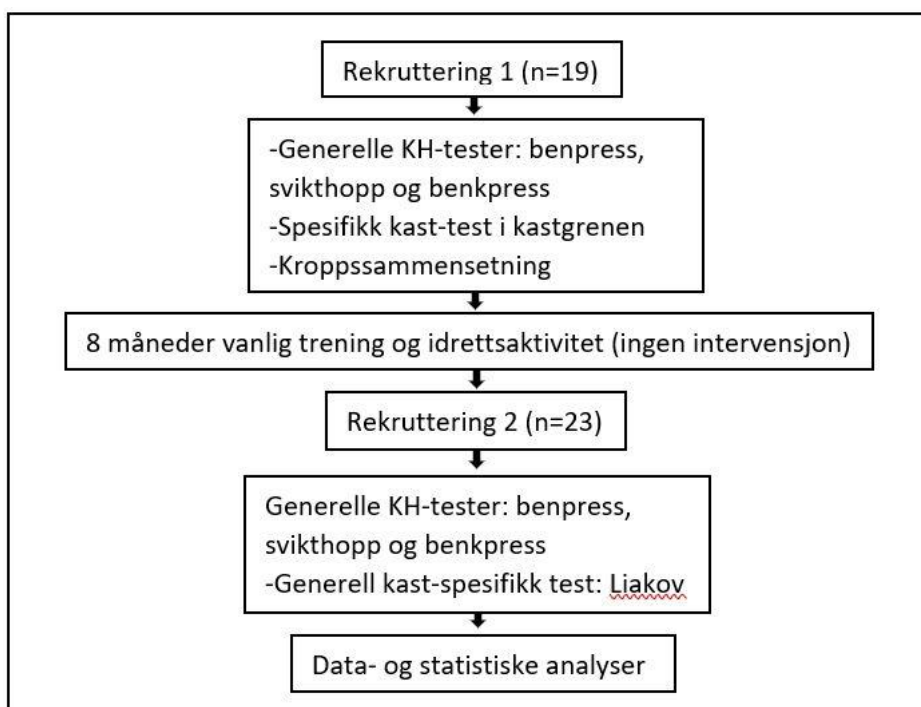
Terzis, Spengos, Kavouras, Manta og Georgiadis (2010) ser ut til å være den eneste tverrsnittstudien av nyere dato på sleggekastere. De undersøkte sammenhengen mellom prestasjon i sleggekast og kroppssammensetning, fibertypekomposisjon, styrke

(1RM i knebøy, rykk og vending), stille lengde og Liakov hos 6 sleggekastere. Kroppssammensetning ble målt med DXA og det ble tatt biopsier fra høyre Vastus lateralis for å avgjøre fibertypekomposisjon. Utøverne hadde deltatt i organisert trening for sleggekast i minimum 5 år, og kastet i gjennomsnitt 72,2 meter. Det beste sleggekastet av 6 maksimale forsøk ble brukt i analysen. Gjennomsnittlig 1RM var 245 ± 21 kg, 165 ± 12 kg, 132 ± 13 kg i henholdsvis knebøy, vending og rykk. Utøverne kastet gjennomsnittlig 18,9 meter i Liakov og hoppet 3,1 meter i stille lengde. Prestasjon i sleggekast var signifikant korrelert med Liakov ($R=0,95$), total fettfri masse ($R=0,81$), fettfri masse i ben ($R=0,84$) og trunkus ($R=0,85$). I tillegg fant forfatterne signifikant korrelasjon mellom tverrsnitt av alle fibertypene og kastprestasjon. Forfatterne argumenterer for at dette understøtter viktigheten av å ha mye muskelmasse for sleggekastere. De påpeker likevel at funnene må tolkes med forsiktighet på grunn av lav statistisk styrke.

3. Metode

3.1 Design

Problemstillingene ble undersøkt med to tverrsnittsundersøkelser. Utøvere på det norske rekruttlandslaget i kastidrett gjennomførte ved to anledninger tre generelle KH-tester og en spesifikk kast-test. Under første testhelg gjennomførte utøverne to generelle KH-tester for underkroppen, benpress og svikthopp, en generell KH-test for overkroppen, benkpress, samt en spesifikk test i den kastgrenen de konkurrerte i. I tillegg ble det gjort målinger av kroppssammensetning. Under andre testhelg gjennomførte utøverne de samme generelle KH-testene som ved første samling samt en generell kast-spesifikk test, Liakov. Studiedesignet er illustrert i Figur 4. Den statistiske sammenhengen mellom slopen til KH-profilene i benpress og benkpress og kastprofilene ble undersøkt med korrelasjonsanalyser. Sammenhengen mellom kraft, hastighet og effekt i generelle tester og kastprestasjon, og mellom kroppssammensetning og kastprestasjon, ble også undersøkt med korrelasjonsanalyser. Regresjon ble gjennomført på bakgrunn av korrelasjonsanalysene.



Figur 4: Flytkart studiedesign.

Forkortelser: n: antall. Opphav: laget selv.

3.2 Rekruttering

Utøvere ned til 16-års alder ble rekruttert fra landslagssamlinger for rekruttlandslaget i kastidrett sen vinteren og høsten 2020. Datainnsamlingen foregikk over to helger adskilt av omtrent 8 måneder hvor utøverne var samlet på Toppidrettssenteret i Oslo; 14.-16.02.2020 og 16.-18.10.2020.

3.3 Forsøkspersoner

3.3.1 Utvalg 1

Totalt 19 utøvere, 10 menn og 9 kvinner (18 ± 2 år, 87 ± 13 kg, 179 ± 9 cm; Tabell 1), ble rekruttert til studien den første testhelgen. Utøverne var aktive i diskos, slegge eller kule. Alle kulestøterne benyttet rotasjonsteknikk. Kroppsvekt ble målt med InBody (InBody 720, Biospace, Korea). Alder ble regnet ut fra fødselsdato og høyden er selvrapportert.

Tabell 1: Deskriptiv statistikk for utøvere rekruttert ved første testhelg.

Idrett	Kjønn	Alder (år)	Vekt (kg)	Høyde (cm)
Diskos	Menn (n=5)	16,4±0,5	88,2±9,0	188,8±6,4
	Kvinner (n=3)	17,7±1,2	79,6±13,7	171,0±7,0
	Totalt (n=8)	16,9±1,0	84,9±11,0	182,1±11,1
Slegge	Menn (n=4)	20,3±2,6	96,7±6,3	181,0±6,2
	Kvinner (n=3)	17,7±1,5	76,6±3,6	174,3±4,7
	Totalt (n=7)	19,1±2,5	88,1±11,8	178,1±6,3
Kule	Menn (n=1)	17	111,2	181,0
	Kvinner (n=3)	16,7±2,1	80,2±17,4	174,7±11,9
	Totalt (n=4)	16,8±1,7	88,0±21,1	176,3±10,2
Totalt	Menn (n=10)	18±2,5	93,9±10,2	184,9±6,9
	Kvinner (n=9)	17,3±1,5	78,8±11,4	173,3±7,5
	Totalt (n=19)	17,7±2,1	86,7±13,0	179,4±9,2

Data oppgitt som gjennomsnitt \pm standardavvik. Forkortelser: n: antall, kg: kilo, cm: centimeter. Opphav: laget selv.

3.3.2 Utvalg 2

Ved andre testhelg ble totalt 23 utøvere rekruttert, hvorav 12 menn og 11 kvinner (18 ± 2 år, 87 ± 13 kg, 180 ± 10 cm; Tabell 2). Utøverne var aktive i diskos, slegge, kule eller

spyd. En utøver var aktiv i flere idretter, men ble medberegnet under diskos. Tolv utøvere fra utvalg 1 var også med i utvalg 2: 7 diskoskastere (5 menn, 2 kvinner), 1 sleggekaster (mann) og 4 kulestøtere (1 mann, 3 kvinner). Vekt ble målt på kraftplattformen ved testing av svikthopp eller fylt ut fra helg 1 for de som ikke testet svikthopp. Høyde er basert på selvrappport fra benpress-testen eller fylt inn fra 1. datainnsamling.

Tabell 2: Deskriptiv statistikk for utøvere rekruttert ved andre testhelg.

Idrett	Kjønn	Alder (år)	Vekt (kg)	Høyde (cm)
Diskos	Menn (n=5)	18±0,7	90,4±10,6	188,8±6,4
	Kvinner (n=3)	18,3±0,6	82,1±6,4	172,5±9,2
	Totalt (n=8)	18,1±0,6	87,3±9,7	184,1±10,2
Slegge	Menn (n=1)	20	98	182
	Kvinner (n=2)	18,0±0,0	78,6±12,1	163
	Totalt (n=3)	18,7±1,2	85,0±14,1	172,5±13,4
Kule	Menn (n=1)	18	115,7	181
	Kvinner (n=3)	18,0±1,7	81,5±14,9	174,7±11,9
	Totalt (n=4)	18,0±1,4	90,0±21,0	176,3±10,2
Spyd	Menn (n=5)	19,6±3,0	90,1±12,3	184,5±6,4
	Kvinner (n=2)	16,0±1,4	76,3±3,1	175,0±7,1
	Totalt (n=7)	18,8±3,3	88,1±11,9	183,0±5,2
Totalt	Menn (n=12)	18,8±2,1	93,0±12,3	186,2±6,0
	Kvinner (n=11)	17,7±1,3	80,0±9,0	172,7±8,7
	Totalt (n=23)	18,3±1,8	87,1±12,6	179,9±10,0

Data oppgitt som gjennomsnitt ± standardavvik. Forkortelser: n: antall, kg: kilo, cm: centimeter. Opphav: laget selv.

3.4 Tester og prosedyrer

3.4.1 Første datainnsamling

Sittende benpress ble testet med Keiser Air300 horisontal benpress med Air420 programvare versjon 9.3.50. (Keiser Sport, Fresno, California, USA). Testene ble gjennomført på Norges idrettshøgskole. Utøverne satte seg i den seteposisjonen som ga mest mulig loddrette lårben. Dette ble sjekket visuelt av tester og seteposisjonen ble notert ned. Helene ble plassert på den nedre kanten av pedale. Dette gir en knevinkel

på ca. 80°. Tester kan velge om pedalene skal bevege seg uavhengig av hverandre eller samlet. I denne sammenheng ble førstnevnte alternativ benyttet. KH-data registreres ved at utøveren gjennomfører en innebygget 10-trinns KH-test med økende belastning. Utøverne fikk beskjed om å strekke ut bena så raskt og kraftfullt som mulig på alle repetisjonene. Muntlig oppmuntring ble gitt underveis.



Figur 5: Keiser A300 benpress-apparatur (venstre) og startposisjon for benpress-testen (høyre).

Opphav: <https://treningspartner.no/keiser/air-300-leg-press> (venstre). Bildet til høyre er tatt selv.

Testen starter med to tilvenningsrepetisjoner på ~15% av estimert 1RM. KH-data registreres fra og med 3. repetisjon, som er på samme motstand som de to første. Vekten øker så gradvis i bestemte steg helt til utøveren ikke klarer neste trinn. Pausene mellom repetisjonene blir lenger etter hvert som motstanden øker og er på mellom 5 og 10 sekunder på de 5 første repetisjonene og 60 sekunder før den siste (10.) repetisjonen. Bevegelsen gjennomføres kun konsentrisk og uten svikt ettersom pedalene hviler i startposisjonen mellom hver repetisjon. Den eksentriske fasen registreres ikke. Det pneumatiske apparatet tillater høy (>3 m/s) hastighet uten at pedalene blir «kastet» fremover. Utøverne fikk beskjed om at de kunne reise seg opp eller ta bena av pedalene mellom trinnene dersom pauselengden tillot det. Sluttvekten ble satt på 200 kg for jenter og 300 kg for gutter, men utøverne fortsatte testen helt til de ikke greide neste trinn. Det vil si at antall repetisjoner hver utøver utførte varierte mellom utøverne. Utøverne testes på 15-100% av 1RM, 18-80% av F_0 og 22-84% av V_0 (Lindberg et al., 2021). Tabell 3

illustrerer hvordan benpresstesten forløp med tanke på motstand og pauselengder når sluttvekten var stilt på 200 kg.

Tabell 3: Eksempelprotokoll for 10-trinns Keiser benpresstest.

Repetisjon nummer	1 (tilvenning)	2 (tilvenning)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Motstand (kg)	30	30	30	49	68	87	106	125	144	163	182	201
Pause lengde (s)	5	5	5	5	5	10	10	15	20	30	40	60

Forkortelser: kg: kilo, s: sekunder. Opphav: laget selv (inspirert av Tabell 1 i Redden, Stokes & Williams, 2018).

Svikthopp ble gjennomført på kraftplattform (AMTI model OR6-5-1, Advanced Mechanical Technologies, Watertown, MA, USA) med tilhørende programvare (Force Decks, Vald performance Pty Ltd, Brisbane, Australia). Utøverne fikk beskjed om å hoppe så høyt som mulig. Utøverne ble testet med tre belastninger: kroppsvekt, pluss halv kroppsvekt med frivekter (Eleiko Group AB, Halmstad, Sverige), og pluss hel kroppsvekt med frivekter. Hendene hvilte i hoftefeste når utøverne hoppet med kroppsvekt. Utøverne holdt rundt stanga når de hoppet med vekter. Utøverne fikk 2-3 forsøk per belastning adskilt av selvvalgt pause mellom forsøkene. Det beste forsøket med kroppsvekt ble brukt for videre analyser.

Benkpress ble gjennomført med frivekter (Eleiko Group AB, Halmstad, Sverige) og lineær enkoder (MuscleLab, Ergotest Innovation, Langesund, Norge) med tilhørende software (MuscleLab version 10.5.69.4815). «Tråden» til enkoderen ble festet rundt stanga og selve enkoderen plassert så vertikalt som mulig under stanga. Utøverne ble instruert til å løfte med så raskt tempo som mulig i den konsentriske fasen, men ha øvre del av rygg i kontakt med benken til enhver tid. Eksentrisk tempo og bruk av «spret» var selvvalgt. Utøverne ble testet med minimum 3 og maksimum 6 motstander i stigende rekkefølge. Belastningstrinnene ble valgt ut på bakgrunn av selvrappoert (antatt) 1RM med like hopp i kg for hvert trinn (10, 15 eller 20 kg). Spesifikk oppvarming med stanga (20 kg) ble gjennomført i forkant av testen. Testen startet med 4-5 repetisjoner på den letteste vekten. Antall repetisjoner gikk ned med 1 fra serie til serie (Tabell 4). Testen fortsatte til 1RM eller til hastigheten på stanga falt under 0,4 m/s. Den raskeste repetisjonen i hver serie ble brukt for videre analyser.

Tabell 4: Eksempelprotokoll på KH-test i benkpress.

Serie	1	1	2	3	4
	(oppvarming)				
Motstand (kg)	20x5	40x4	60x3	80x2	100x1
x reps					
Pauselengde (min)	2-4	2-4	2-4	2-4	2-4

Tabellen viser en eksempelprotokoll for en KH-test i benkpress for en utøver med 1RM på ~105 kg. Forkortelser: kg: kilo, min: minutter. Opphav: laget selv.

Kroppssammensetning ble målt med bioelektrisk motstands-analyse (InBody 720, Biospace, Korea). Punktene i elektrodesystemet ble vasket mellom hver utøver. Fettfri masse ble brukt for videre analyser.

Forholdet mellom redskapstyngde og kastlengde (den idrettsspesifikke kastprofilen) ble etablert ved at utøverne kastet/støtet med 5 (4 for kule kvinner) redskaper med ulik tyngde (Tabell 5) i randomisert rekkefølge. Det ble benyttet redskaper både tyngre og lettere enn utøvernes konkurransetyngde. Konkurransetyngden til utøverne varierte med alder og kjønn. Det ble gitt 3 forsøk per tyngde. Det beste forsøket ble stående. Distansen ble målt med målebånd. Slegge og diskos ble kastet ute, mens kule ble støtet inne.

Tabell 5: Redskapstyngder for de spesifikke kast-testene.

Idrett	Kjønn	Redskaper (kg)
Diskos	Menn	1, 1.25, 1.5, 1.75, 2
	Kvinner	0.6, 0.75, 1, 1.25, 1.5
Slegge	Menn	4, 5, 6, 7.26, 8
	Kvinner	3, 3.5, 4, 4.5, 5
Kule	Menn	4, 5, 5.5, 6, 7.26
	Kvinner	2, 3, 4, 5

Forkortelser: kg: kilo. Opphav: laget selv.

3.4.2 Andre datainnsamling

Sittende benpress ble gjennomført på Toppidrettssenteret etter samme prosedyre som tidligere beskrevet.

Svikthopp ble gjennomført etter samme prosedyre som tidligere beskrevet.

Benkpress ble gjennomført etter samme prosedyre som tidligere beskrevet.

Liakov (kast over hodet med ryggen mot kastretningen;

https://www.youtube.com/watch?v=jIEmlT_K8nA) ble gjennomført ute. Liakov er en øvelse som utøvere på tvers av kastgrener benytter seg av i trening og testing. Øvelsen er det nærmeste man kommer en generell kast-spesifikk øvelse. Jentene kastet med 2, 3 og 4 kg redskap, mens guttene kastet med 3, 4 og 5 kg. Utøverne fikk 3 kast per redskap. Det lengste resultatet ble registrert. Distansen ble målt med målebånd av trenerne som var med på samling.

3.5 Reliabilitet tester

3.5.1 Benpress

Redden et al. (2018) undersøkte test-retest reliabiliteten til blant annet maksimal belastning (kg), maksimal kraft (N), maksimal hastighet (m/s) og gjennomsnittlig og maksimal effekt (W) for Keiser Air420 (n=13 fotballspillere) ved tre anledninger innenfor en uke. ICC og «typisk prosentvis feil» mellom test 1,2 og 3 var henholdsvis 0,89 og 5,9% for maksimal belastning, 0,91 og 4,2% for maksimal kraft, 0,79 og 5,4% for maksimal hastighet, 0,89 og 5,2% for maksimal effekt, og 0,87 og 5,4% for gjennomsnittlig effekt. Lindberg et al. (2021) gjorde test-retest på Keiser A300 med A420 software ved to anledninger. Test-retest 1 og 2 var adskilt av en treningsperiode på 2-6 måneder. Utvalget besto i hovedsak av menn, hvorav de fleste var aktive innen ballidrett. Reliabilitetsmål for F_0 , V_0 , P_{max} og S_{fv} er presentert i Tabell 6.

Tabell 6: Mål på reliabilitet for KH-variabler fra Keiser benpress-test (95% KI).

Test	n	CV%				ICC				$\Delta\%$			
		F_0	V_0	P_{max}	S_{fv}	F_0	V_0	P_{max}	S_{fv}	F_0	V_0	P_{max}	S_{fv}
1-2	66	4,7±0,9	5,1±0,9	4,2±0,8	9,0±1,7	0,96±0,02	0,83±0,08	0,98±0,01	0,91±0,04	1,8±1,6	-0,4±1,7	1,2±1,5	2,2±3,0
3-4	45	4,1±0,9	4,5±1,0	4,0±0,9	7,6±1,7	0,97±0,02	0,86±0,08	0,98±0,01	0,94±0,04	0,3±1,7	0,0±1,9	-0,2±1,7	0,2±3,1

Forkortelser: CV%: variasjonskoeffisienten, ICC: intraklasse korrelasjons koeffisient, $\Delta\%$: gjennomsnittlig prosentvis endring, n: antall forsøkspersoner, F_0 : teoretisk maksimal kraft, V_0 : teoretisk maksimal hastighet, P_{max} : teoretisk maksimal effekt, S_{fv} : slope force-velocity. Opphav: laget selv (adaptert fra Tabell 4 i Lindberg et al., 2021).

3.5.2 Svikhopp

Helland et al. (2020) oppgir en variasjonskoeffisient på 8,7% for gjennomsnittlig effekt i svikhopp gjennomført med AMTI-kraftplattformen.

3.5.3 Benkpress

Helland et al. (2020) oppgir en variasjonskoeffisient på 9,3% for P_{\max} og 3,3% for estimert 1RM i benkpress målt med enkoder fra Musclelab. Van den Tillaar og Ball (2019) oppgir ICC på 0.98 (95% KI: 0.97-0.99), CV% på 6.6 ± 2.4 og test-retest reliabilitet på 0.96 for gjennomsnittlig hastighet i benkpress målt med lineær enkoder fra Musclelab. Iglesias-Soler et al. (2019) undersøkte test-retest reliabiliteten til KH-profiler i benkpress med lineær hastighets-transduser (T-Force System, Ergotech, Murcia, Spania). Testene ble gjennomført på 21 idrettsutøvere, i Smith-maskin, med minimum 48 timer mellom testene og etter to tilvenningsøkter. Tabell 7 viser reliabilitetsmålene med 95% konfidensintervaller for lineær modell.

Tabell 7: Mål på reliabilitet for KH-variabler i benkpress.

	ICC (95% KI)	SEM (95% KI)	CV% (95% KI)
F_0 (N)	0.99 (0.98, 1.00)	24 (18, 34)	3 (2, 5)
V_0 (m/s)	0.90 (0.78, 0.96)	0.09 (0.07, 0.13)	5 (3, 7)
P_{\max} (W)	0.98 (0.96, 0.99)	16 (13, 24)	4 (3, 7)
S_{fv} (N/m/s)	0.98 (0.94, 0.99)	0.16 (0.12, 0.23)	6 (4, 10)

Forkortelser: ICC: intraklasse korrelasjons koeffisient, SEM: standardfeilen til målingen, CV%: variasjonskoeffisienten, KI: konfidensintervall, F_0 : teoretisk maksimal kraft i newton (N), V_0 : teoretisk maksimal hastighet i meter per sekund (m/s), P_{\max} : teoretisk maksimal effekt i watt (W), S_{fv} : helningen til KH-profilen i newton per meter per sekund (N/m/s). Opphav: laget selv (adaptert fra Tabell 2 i Iglesias-Soler et al., 2019).

3.5.4 Kast

Reliabilitet på kulestøt, slegge- og diskoskast ble regnet ut av fra resultater fra Norgesmesterskapet i friidrett i 2018, 2019 og 2020. Et spesiallaget excel-ark (Hopkins, 2015) ble benyttet til å regne ut variasjonskoeffisienten på kastene.

Variasjonskoeffisienten var $2,2 \pm 1,3\%$ for kule, $2,9 \pm 1,3\%$ for slegge og $3,9 \pm 1,6\%$ for diskos. ICC for Liakov er rapportert å være 0,98 (95% KI: 0,92-0,99) basert på 4 forsøk (Zaras et al., 2019), mens variasjonskoeffisienten er oppgitt til å være mellom 6,5 og 7,5% (Zaras et al., 2013).

3.6 Databehandling og -analyser

Data ble hentet ut fra de respektive softwarene, behandlet, overført til og sortert i to (ett for hver datainnsamling) Excel-dokumenter (Microsoft Corporation, Washington, USA).

Keiser Air300 benytter pneumatisk motstand. Pedalene på benpressen er koblet til sylindere som gir motstand som justeres med lufttrykk. KH-data registreres når pedalene beveger seg. Kraften måles på bakgrunn av lufttrykket i sylindere (kompresjonskraften øker når pedalen beveges), mens hastigheten registreres av en posisjons-transduser som måler tempoet på stempelet i luftsylindrene (Redden et al., 2018). Softwaren regner ut gjennomsnittlig kraft og hastighet ut fra verdiene i sylindere, hastigheten på pedalene og bevegelsesutslaget (Lindberg et al., 2021). Gjennomsnittlig kraft og hastighet blir kalkulert som en funksjon av tid, hvor softwaren ekskluderer 5% av bevegelsesutslaget i starten og slutten av bevegelsen (Lindberg et al., 2021). En lineær modell regner ut F_0 , V_0 , P_{\max} og S_{fv} . KH-data benyttet i de statistiske analysene var basert på den gjennomsnittlige kraften, hastigheten og effekten i den konsentriske fasen for begge ben samlet.

Kraftplattformen med tilhørende software regnet ut den gjennomsnittlige effekten over skyvefasen i svikthopp.

Enkoderen måler hvor mye stangen flytter på seg («forskyvning») og hastigheten på den konsentriske fasen (Helland et al., 2020). Starten og slutten på den konsentriske fasen måles som en periode på 5 millisekunder med ingen bevegelse eller en umiddelbar endring av forskyvningsretning (Helland et al., 2020). I benkpress ble det konsentriske KH-forholdet (lineær regresjon) og effekthastighets-forholdet (polynom regresjon) etablert av softwaren. Softwaren regner altså ut F_0 , V_0 , P_{\max} og S_{fv} . Kalkulasjon av kraft og hastighet var basert på hele den konsentriske fasen. Softwaren kalkulerer kraft og hastighet på bakgrunn av posisjonen til kabelen (som er festet i stanga) som en funksjon av tid. Gjennomsnittlig kraft ble kalkulert som produktet av masse og akselerasjon. Akselerasjon ble kalkulert som gjennomsnittlig hastighet delt på tiden for den konsentriske fasen i tillegg til gravitasjonskonstanten, mens masse ble kalkulert som den eksterne belastningen (Helland et al., 2020; Lindberg et al., 2021).

Kastlengde med redskap av ulik tyngde ble plottet i Excel-dokumentene. Lineær regresjon ble gjort gjennom punktene og ekstrapolert til krysningspunktene med lengde- (teoretisk maksimal kastlengde; lengde med 0 kg redskap; « L_0 ») og vekt-aksen (teoretisk maksimal tyngde; kg på 0 m; « T_0 »). Helningen til regresjonen ble regnet ut som T_0/L_0 . Forklart varians (R^2) ble etablert for hver kastprofil som et mål på lineariteten til kastprofilene.

3.7 Statistiske analyser

Data er oppgitt som gjennomsnitt \pm standardavvik. Ved vurdering av normalfordeling ble det gjort en totalvurdering basert på visuell inspeksjon av histogram og QQ-plot og en normalfordelingstest (Shapiro-Wilk). Den samtidige validiteten mellom S_{fv} i benpress og benkpress og slopen til de spesifikke kastprofilene ble undersøkt med Pearson's produkt-moment korrelasjonskoeffisient («Pearson's R»). Sammenhengen mellom kraft, hastighet og effekt i de generelle testene og kastprestasjon ble også undersøkt med Pearson's R. Styrken på sammenhengen ble kategorisert som *triviell* ($R < 0,09$), *liten* ($R = 0,10-0,29$), *moderat* ($R = 0,30-0,49$), *høy* ($R = 0,50-0,69$), *veldig høy* ($R = 0,70-0,89$), *praktisk perfekt* ($R = 0,90-0,99$) eller *perfekt* ($R = 1,00$) (Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin, 2009). Med utgangspunkt i korrelasjonskoeffisientene ble enkel lineær regresjon benyttet til å finne modellen som best forklarte variansen i kast- og Liakovprestasjon. Alle statistiske analyser ble gjort med SPSS versjon 24 (IBM SPSS, Chicago, IL, USA). Signifikansnivået for testene var $p \leq 0,05$.

3.8 Etikk og datasikkerhet

Prosjektet «Kraft-hastighets-profiler hos kastere på nasjonalt og internasjonalt nivå» ble godkjent av NIHs lokale etiske komité (søknad 153; Vedlegg 1, s. 76-84). Deltakerne signerte skriftlig samtykke i forkant av rekruttering (Vedlegg 1, s. 95-97). Prosjektet ble meldt til Norsk senter for forskningsdata (NSD; meldeskjema 767302; Vedlegg 1, s. 98-102). Studien ble gjennomført i tråd med Helsinkideklarasjonen. Studien inkluderte tester utøvergruppen var vant med. Skaderisikoen ved gjennomføring av testene ble vurdert til å ikke være større enn ved normal trening og testing for utøverne (Vedlegg 1).

4. Resultater

4.1 Antall som gjennomførte testene

4.1.1 Utvalg 1

Antall fra utvalg 1 som gjennomførte de ulike testene er presentert i Tabell 8. Totalt gjennomførte alle 19 forsøkspersonene kast i idrettsgrenen og kroppssammensetningsanalysen, 18 gjennomførte benpress, 17 gjennomførte svikthopp og 10 gjennomførte benkpress. En mann (diskos) testet ikke benpress eller svikthopp grunnet skade. I tillegg sto en kvinne (kule) over svikthopp (ukjent grunn). En mann og en kvinne (diskos) testet ikke benkpress (ukjent grunn). Ingen av sleggekasterne (n=7) testet benkpress (ikke tiltenkt). Av de 12 utøverne som også var med på andre datainnsamling testet 8 av de Liakov. En mann og en kvinne (diskos), en mann (slegge) og en mann (kule) sto over Liakov (ukjent grunn).

Tabell 8: Antall fra utvalg 1 som gjennomførte testene.

Idrett	Kjønn	Benpress	Benkpress	Svikthopp	InBody	Kast	Liakov*
		n	n	n	n	n	n
Diskos	Menn	4	4	4	5	5	4
	Kvinner	3	2	3	3	3	1
	Totalt	7	6	7	8	8	5
Slegge	Menn	4	0	4	4	4	0
	Kvinner	3	0	3	3	3	0
	Totalt	7	0	7	7	7	0
Kule	Menn	1	1	1	1	1	0
	Kvinner	3	3	2	3	3	3
	Totalt	4	4	3	4	4	3
Totalt	Menn	9	5	9	10	10	4
	Kvinner	9	5	8	9	9	4
	Totalt	18	10	17	19	19	8

*Merknader: *: testet under andre datainnsamling. Forkortelser: n: antall. Opphav: laget selv.*

4.1.2 Utvalg 2

Antall fra utvalg 2 som gjennomførte testene er presentert i Tabell 9. Av 23 utøvere rekruttert til andre datainnsamling gjennomførte totalt 19 forsøkspersoner benpress, 20 gjennomførte benkpress, 17 gjennomførte Liakov og 16 gjennomførte svikthopp. To menn og en kvinne (diskos) og en kvinne (spyd) testet ikke benpress (ukjent grunn). To

kvinner (spyd) og en mann (slegge) testet ikke benkpress (ukjent grunn). En mann og en kvinne (diskos), en mann (kule), to kvinner (spyd) og en mann (slegge) testet ikke Liakov (ukjent grunn). To menn og en kvinne (diskos), en mann og en kvinne (slegge) og en mann og en kvinne (spyd) testet ikke svikhopp (ukjent grunn). Av de 12 utøverne som også var med på første datainnsamling testet alle kroppssammensetning og kast i sin idrettsgren. Benpress, svikhopp og benkpress ble gjennomført på nytt selv om utøveren deltok på første innsamlingsrunde.

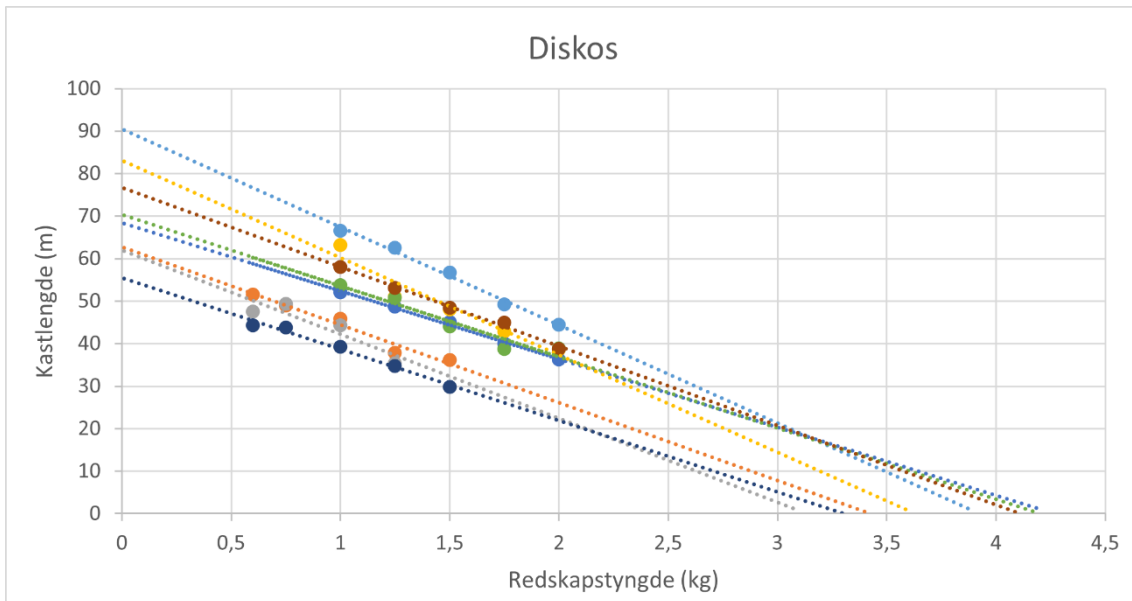
Tabell 9: Antall fra utvalg 2 som gjennomførte testene.

Idrett	Kjønn	Benpress	Benkpress	Svikhopp	Liakov	Kast*	InBody*
		n	n	n	n	n	n
Diskos	Menn	3	5	3	4	5	5
	Kvinner	2	3	2	2	2	2
	Totalt	5	8	5	6	7	7
Slegge	Menn	1	0	0	0	1	1
	Kvinner	2	2	1	2	0	0
	Totalt	3	2	1	2	1	1
Kule	Menn	1	1	1	0	1	1
	Kvinner	3	3	3	3	3	3
	Totalt	4	4	4	3	4	4
Spyd	Menn	5	5	4	5	0	0
	Kvinner	2	1	2	1	0	0
	Totalt	7	6	6	6	0	0
Totalt	Menn	10	11	8	9	7	7
	Kvinner	9	9	8	8	5	5
	Totalt	19	20	16	17	12	12

Merknader: *: testet under første datainnsamling. Forkortelser: n: antall. Opphav: laget selv.

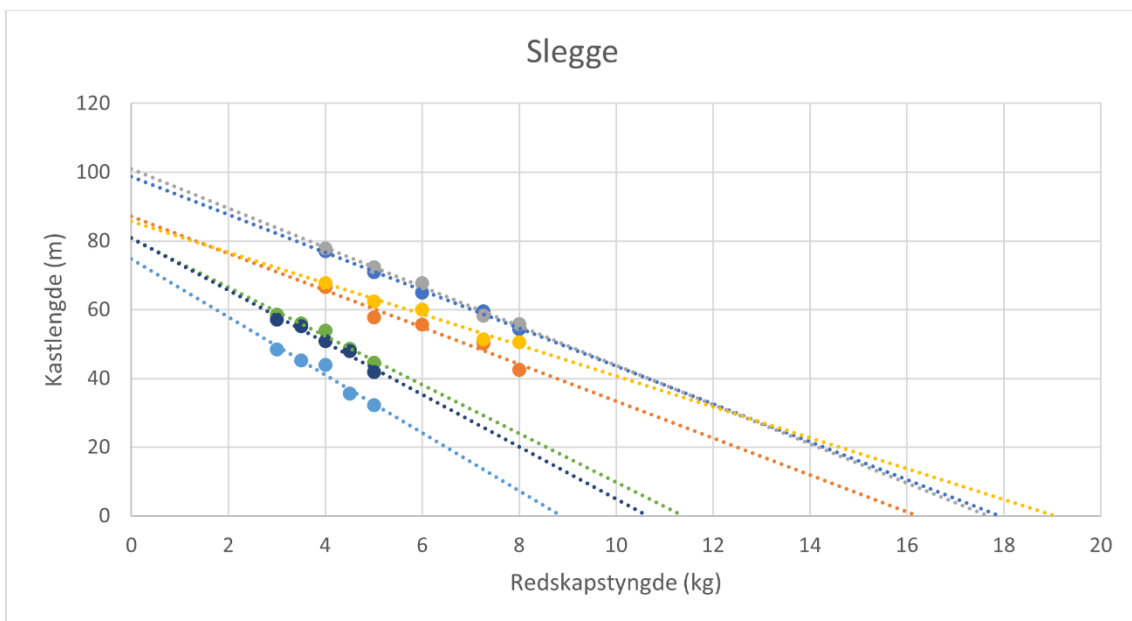
4.2 Kastprofiler

Kastprofilene for de ulike idrettene er illustrert i Figur 6-9. Kastprofilene fra diskos, slegge, kule og Liakov viste alle en nær perfekt lineær sammenheng (gjennomsnittlig R^2 : 0,92-0,99; Tabell 10) mellom redskapstyngde og kastlengde for de redskapstyngdene som ble testet. Tyngde- og lengdespenet for kastprofilene i % av T_0 og L_0 er presentert i Tabell 10. På generelt grunnlag var tyngste redskap i % av T_0 mindre enn lengste distanse i % av L_0 . Det vil si at ekstrapoleringsdistansen til T_0 var lengre enn til L_0 .



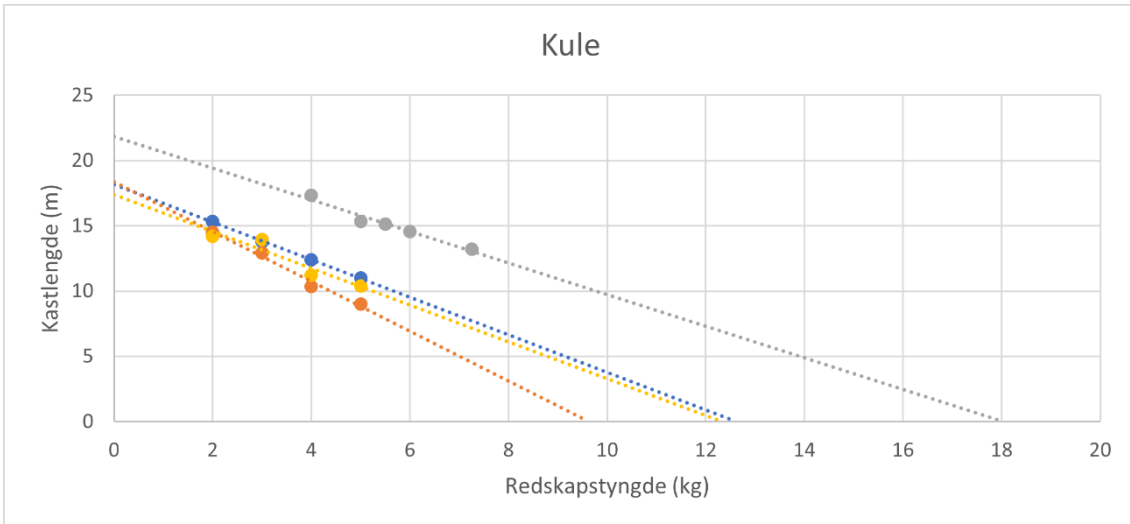
Figur 6: Kastprofiler diskos.

Punktene illustrerer kastlengden i meter med de ulike redskapene for hver forsøksperson. Kastlengden er illustrert på y-aksen, mens redskapstygden er illustrert på x-aksen. Stiplede linjer illustrerer den lineære regresjonen for hver forsøksperson. Regresjonen er ekstrapolert til krysningspunktet med y-aksen (teoretisk maksimal kastlengde; kastlengde med 0 kg redskap; L_0) og x-aksen (teoretisk maksimal redskapstygde; redskapstygde på 0 m; T_0). Forkortelser: m: meter, kg: kilo. $N=8$. Opphav: laget selv.



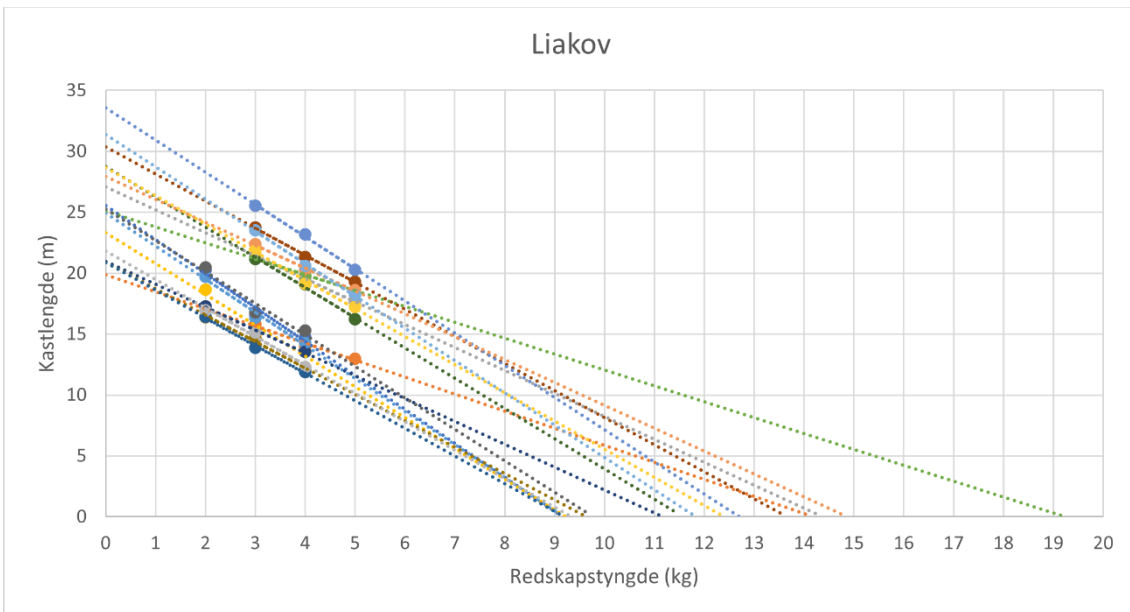
Figur 7: Kastprofiler slegge.

Punktene illustrerer kastlengden i meter med de ulike redskapene for hver forsøksperson. Kastlengden er illustrert på y-aksen, mens redskapstygden er illustrert på x-aksen. Stiplede linjer illustrerer den lineære regresjonen for hver forsøksperson. Regresjonen er ekstrapolert til krysningspunktet med y-aksen (teoretisk maksimal kastlengde; kastlengde med 0 kg redskap; L_0) og x-aksen (teoretisk maksimal redskapstygde; redskapstygde på 0 m; T_0). Forkortelser: m: meter, kg: kilo. $N=7$. Opphav: laget selv.



Figur 8: Kastprofiler kule.

Punktene illustrerer kastlengden i meter med de ulike redskapene for hver forsøksperson. Kastlengden er illustrert på y-aksen, mens redskapstygden er illustrert på x-aksen. Stiplede linjer illustrerer den lineære regresjonen for hver forsøksperson. Regresjonen er ekstrapolert til krysningspunktet med y-aksen (teoretisk maksimal kastlengde; kastlengde med 0 kg redskap; L_0) og x-aksen (teoretisk maksimal redskapstygde; redskapstygde på 0 m; T_0). Forkortelser: m: meter, kg: kilo. $N=4$. Opphav: laget selv.



Figur 9: Kastprofiler Liakov.

Punktene illustrerer kastlengden i meter med de ulike redskapene for hver forsøksperson. Kastlengden er illustrert på y-aksen, mens redskapstygden er illustrert på x-aksen. Stiplede linjer illustrerer den lineære regresjonen for hver forsøksperson. Regresjonen er ekstrapolert til krysningspunktet med y-aksen (teoretisk maksimal kastlengde; kastlengde med 0 kg redskap; L_0) og x-aksen (teoretisk maksimal redskapstygde; redskapstygde på 0 m; T_0). Forkortelser: m: meter, kg: kilo. $N=17$. Opphav: laget selv.

Tabell 10: Linearitet, tyngde- og lengdespenn for kastprofilene.

Idrett	Kjønn	n	R ²	% av T ₀		% av L ₀	
				Tyngste redskap	Letteste redskap	Lengste distanse	Korteste distanse
Diskos	Menn	5	0,97±0,03	51±4	25±2	76±1	51±3
	Kvinner	3	0,92±0,08	45±1	19±2	81±1	56±2
	Totalt	8	0,95±0,06	49±4	23±4	78±3	53±4
Slegge	Menn	4	0,98±0,02	46±2	23±1	78±1	58±3
	Kvinner	3	0,96±0,02	50±7	30±4	70±4	50±6
	Totalt	7	0,97±0,02	48±5	26±5	74±5	54±6
Kule	Menn	1	0,96	41	23	79	61
	Kvinner	3	0,96±0,06	45±6	18±3	82±3	57±7
	Totalt	4	0,96±0,05	44±5	19±3	81±2	58±6
Liakov	Menn	9	0,99±0,01	37±5	22±3	78±3	64±6
	Kvinner	8	0,97±0,02	43±3	22±2	81±2	60±3
	Totalt	17	0,98±0,02	40±5	22±3	80±3	62±5

Data presentert som gjennomsnitt ± standardavvik. Forkortelser: n: antall, R²: forklart varians, T₀: teoretisk maksimal tyngde, L₀: teoretisk maksimal lengde. Opphav: laget selv.

4.3 Samtidig validitet mellom generelle KH-profiler og kastprofiler

Deskriptiv statistikk for S_{fV} fra generelle KH-tester og slopen fra spesifikke kast-tester er presentert i Tabell 11 (første datainnsamling) og Tabell 13 (andre datainnsamling). Resultater fra korrelasjonsanalysene mellom S_{fV} fra benpress og benkpress og slopen fra spesifikke kast-tester er presentert i Tabell 12 (første datainnsamling) og Tabell 14 (andre datainnsamling). Det ble ikke funnet noen signifikante sammenhenger mellom S_{fV} fra de generelle KH-testene og slopen til kastprofilene, selv om styrken på sammenhengen var høy (slegge) til veldig høy (diskos og kule) for idrettene totalt. Det ble ikke funnet noen signifikante sammenhenger mellom S_{fV} fra benpress og benkpress og slopen til Liakovprofilen.

Tabell 11: Deskriptiv statistikk generelle KH-profiler og spesifikke kastprofiler for utvalg 1.

Idrett	Kjønn	S_{fv} benpress	S_{fv} benkpress	Slope kast	Slope Liakov*
		(N/m/s)	(N/m/s)	(kg/m)	(kg/m)
Diskos	Menn	1023±119 (n=4)	407±63 (n=4)	0,05±0,01 (n=5)	0,52±0,18 (n=4)
	Kvinner	1005±82 (n=3)	404±4 (n=2)	0,05±0,01 (n=3)	0,39 (n=1)
	Totalt	1015±97 (n=7)	406±49 (n=6)	0,05±0,01 (n=8)	0,49±0,17 (n=5)
Slegge	Menn	1175±158 (n=4)	n=0	0,19±0,02 (n=4)	n=0
	Kvinner	931±103 (n=3)	n=0	0,13±0,01 (n=3)	n=0
	Totalt	1071±182 (n=7)	n=0	0,16±0,04 (n=7)	n=0
Kule	Menn	1595 (n=1)	400 (n=1)	0,80 (n=1)	n=0
	Kvinner	963±21 (n=3)	392±28 (n=3)	0,62±0,09 (n=3)	0,45±0,09 (n=3)
	Totalt	1121±316 (n=4)	394±23 (n=4)	0,67±0,11 (n=4)	0,45±0,09 (n=3)

Data presentert som gjennomsnitt ± standardavvik. Merknader: *: testet under andre datainnsamling. Forkortelser: S_{fv} : slope force-velocity (newton per meter per sekund), kg: kilo, m: meter, n: antall. Opphav: laget selv.

Tabell 12: Sammenhengen mellom generelle KH-profiler og spesifikke kastprofiler for utvalg 1.

Idrett	Kjønn	Slope kast vs. S_{fv} benpress		Slope kast vs. S_{fv} benkpress		Slope kast vs. slope Liakov	
		Pearson's R	P-verdi	Pearson's R	P-verdi	Pearson's R	P-verdi
Diskos	Menn	0,72 (n=4)	0,28	0,75 (n=4)	0,26	0,17 (n=4)	0,84
	Kvinner	0,78 (n=3)	0,43	n=2		n=1	
	Totalt	0,72 (n=7)	0,07	0,55 (n=6)	0,26	0,24 (n=5)	0,70
Slegge	Menn	0,30 (n=4)	0,70	n=0		n=0	
	Kvinner	-0,58 (n=3)	0,61	n=0		n=0	
	Totalt	0,69 (n=7)	0,09	n=0		n=0	
Kule	Menn	n=1		n=1		n=0	
	Kvinner	-0,88 (n=3)	0,32	-0,76 (n=3)	0,45	-0,29 (n=3)	0,81
	Totalt	0,73 (n=4)	0,27	-0,34 (n=4)	0,66	-0,29 (n=3)	0,81

Forkortelser: S_{fv} : slope force-velocity (newton per meter per sekund), n: antall. Presisering: Pearson's R er korrelasjonskoeffisienten. Liakov ble testet under andre datainnsamling. Opphav: laget selv.

Tabell 13: Deskriptiv statistikk for generelle KH-profiler og Liakovprofil for utvalg 2.

Kjønn	S_{fv} benpress (N/m/s)	S_{fv} benkpress (N/m/s)	Slope Liakov (kg/m)
Menn	1172±196 (n=10)	463±85 (n=11)	0,51±0,14 (n=9)
Kvinner	964±109 (n=9)	309±66 (n=9)	0,42±0,06 (n=8)
Totalt	1074±189 (n=19)	394±109 (n=20)	0,47±0,12 (n=17)

Data presentert som gjennomsnitt ± standardavvik. Forkortelser: S_{fv} : slope force-velocity (newton per meter per sekund), kg: kilo, m: meter, n: antall. Opphav: laget selv.

Tabell 14: Sammenhengen mellom generelle KH-profiler og Liakovprofil for utvalg 2.

Kjønn	Slope Liakov vs. S_{FV} benpress		Slope Liakov vs. S_{FV} benkpress	
	Pearson's R	P-verdi	Pearson's R	P-verdi
Menn	-0,01 (n=8)	0,98	0,23 (n=9)	0,55
Kvinner	-0,42 (n=7)	0,35	-0,37 (n=8)	0,37
Totalt	0,06 (n=15)	0,85	0,33 (n=17)	0,20

Forkortelser: S_{FV} : slope force-velocity, n: antall. Presisering: Pearson's R er korrelasjonskoeffisienten. Opphav: laget selv.

4.4 Kastprestasjon

Deskriptiv statistikk for variabler fra generelle og spesifikke tester er presentert i Tabell 15 (første datainnsamling) og Tabell 17 (andre datainnsamling). Resultater fra korrelasjonsanalysene mellom kraft, hastighet og effekt i de generelle testene og kastprestasjon er presentert i Tabell 16 (første datainnsamling) og Tabell 18 (andre datainnsamling).

Tabell 15: Deskriptiv statistikk generelle og spesifikke tester for utvalg 1.

Idrett	Kjønn	Keiser			Benkpress			CMJ	InBody	Kast	Liakov*
		F ₀ (N)	V ₀ (m/s)	P _{max} (W)	F ₀ (N)	V ₀ (m/s)	P _{max} (W)	Effekt (W)	FFM (kg)	Lengde (m)	Lengde (m)
Diskos	Menn	2748±466 (n=4)	2,67±0,17 (n=4)	1847±412 (n=4)	1082±85 (n=4)	2,69±0,28 (n=4)	726±79 (n=4)	2721±375 (n=4)	77,0±5,9 (n=5)	53,2±5,4 (n=5)	22,1±1,1 (n=4)
	Kvinner	2310±289 (n=3)	2,32±0,43 (n=3)	1360±415 (n=3)	819±76 (n=2)	2,02±0,17 (n=2)	416±74 (n=2)	2210±398 (n=3)	56,9±8,6 (n=3)	36,0±1,6 (n=3)	16,8 (n=1)
	Totalt	2560±437 (n=7)	2,52±0,34 (n=7)	1638±458 (n=7)	995±155 (n=6)	2,47±0,41 (n=6)	622±175 (n=6)	2502±445 (n=7)	69,4±12,2 (n=8)	46,7±9,9 (n=8)	21,0±2,6 (n=5)
Slegge	Menn	3095±254 (n=4)	2,65±0,15 (n=4)	2041±94 (n=4)	n=0	n=0	n=0	3429±123 (n=4)	78,4±9,2 (n=4)	72,3±5,9 (n=4)	n=0
	Kvinner	2245±226 (n=3)	2,41±0,07 (n=3)	1355±132 (n=3)	n=0	n=0	n=0	2022±180 (n=3)	57,2±4,7 (n=3)	49,6±5,2 (n=3)	n=0
	Totalt	2731±505 (n=7)	2,55±0,17 (n=7)	1747±381 (n=7)	n=0	n=0	n=0	2826±764 (n=7)	69,3±13,3 (n=7)	62,6±13,2 (n=7)	n=0
Kule	Menn	3787 (n=1)	2,38 (n=1)	2248 (n=1)	1384 (n=1)	3,46 (n=1)	1198 (n=1)	3357 (n=1)	80,5 (n=1)	17,4 (n=1)	n=0
	Kvinner	2270±228 (n=3)	2,36±0,29 (n=3)	1351±298 (n=3)	781±48 (n=3)	2,00±0,08 (n=3)	389±30 (n=3)	1904±374 (n=2)	59,3±11,9 (n=3)	11,3±1,0 (n=3)	15,5±1,0 (n=3)
	Totalt	2649±781 (n=4)	2,37±0,23 (n=4)	1576±510 (n=4)	931±304 (n=4)	2,36±0,74 (n=4)	592±405 (n=4)	2388±880 (n=3)	64,6±14,4 (n=4)	12,8±3,1 (n=4)	15,5±1,0 (n=3)
Totalt	Menn	3017±468 (n=9)	2,63±0,17 (n=9)	1978±294 (n=9)	1143±154 (n=5)	2,84±0,42 (n=5)	820±222 (n=5)	3106±439 (n=9)	77,9±6,7 (n=10)		22,1±1,1 (n=4)
	Kvinner	2275±217 (n=9)	2,37±0,27 (n=9)	1355±264 (n=9)	796±55 (n=5)	2,01±0,10 (n=5)	400±45 (n=5)	2063±303 (n=8)	57,8±7,8 (n=9)		15,7±0,9 (n=4)
	Totalt	2646±521 (n=18)	2,50±0,26 (n=18)	1666±419 (n=18)	969±213 (n=10)	2,42±0,53 (n=10)	610±268 (n=10)	2615±652 (n=17)	68,4±12,5 (n=19)		18,5±3,5 (n=8)

Data presentert som gjennomsnitt ± standardavvik. Merknader: *: testet under andre datainnsamling. Presiseringer: effekt fra svikthopp er gjennomsnittseffekten fra skyvefasen med kroppsvekt målt i watt (W). Kastlengde i meter er for følgende redskapstyper: 1,25 kg (diskos), 4 kg (slegge), 4 kg (kule) og 3 kg (Liakov). Forkortelser: F₀: teoretisk maksimal kraft i newton (N), V₀: teoretisk maksimal hastighet i meter per sekund (m/s), P_{max}: teoretisk maksimal effekt i watt (W), CMJ: svikthopp, FFM: fettfri masse i kilo (kg), m: meter, n: antall. Opphav: laget selv.

Tabell 16: Sammenhengen mellom kastprestasjon og kraft, hastighet og effekt i generelle øvelser, kroppssammensetning og Liakovprestasjon for utvalg 1.

Idrett		Keiser			Benkpress			CMJ	InBody	Kast	Liakov
		F ₀	V ₀	P _{max}	F ₀	V ₀	P _{max}	Effekt	FFM	Slope	Lengde
Diskos	Pearson's	0,43	0,48	0,46	0,87*	0,92**	0,98**	0,63	0,85**	-0,29	0,82
	R	(n=7)	(n=7)	(n=7)	(n=6)	(n=6)	(n=6)	(n=7)	(n=8)	(n=8)	(n=5)
	P-verdi	0,33	0,23	0,30	0,02	0,01	0,00	0,13	0,01	0,49	0,09
Slegge	Pearson's	0,85*	0,74	0,93**	n=0	n=0	n=0	0,92**	0,89**	0,81*	
	R	(n=7)	(n=7)	(n=7)	n=0	n=0	n=0	(n=7)	(n=7)	(n=7)	n=0
	P-verdi	0,02	0,06	0,00				0,00	0,01	0,03	
Kule	Pearson's	1,00**	0,29	0,97*	0,96*	0,98*	0,97*	1,00*	0,85	0,89	0,99
	R	(n=4)	(n=4)	(n=4)	(n=4)	(n=4)	(n=4)	(n=4)	(n=4)	(n=4)	(n=3)
	P-verdi	0,00	0,71	0,03	0,04	0,02	0,03	0,01	0,15	0,11	0,09

Merknader: *: signifikant på 0,05-nivå, **: signifikant på 0,01-nivå. *Presiseringer:* Pearson's R er korrelasjonskoeffisienten. Kastlengde i meter er korrelert for følgende redskapstyper: 1,25 kg (diskos), 4 kg (slegge) og 4 kg (kule). Korrelasjonen mellom kastlengde og lengde i Liakov er gjort mot lengde med 3 kg redskap. Liakov ble testet under andre datainnsamling. *Forkortelser:* F₀: teoretisk maksimal kraft, V₀: teoretisk maksimal hastighet, P_{max}: teoretisk maksimal effekt, CMJ: svikthopp, FFM: fettfri masse, n: antall. *Ophav:* laget selv.

For diskos viste korrelasjonsanalysene signifikant sammenheng mellom kastprestasjon og F₀, V₀ og P_{max} i benkpress, og mellom kastprestasjon og fettfri masse. For slegge viste korrelasjonsanalysene signifikant sammenheng mellom kastprestasjon og F₀ og P_{max} i benpress, mellom kastprestasjon og effekt i svikthopp, mellom kastprestasjon og fettfri masse, og mellom slopen på kastprofilen og kastprestasjon. For kule viste korrelasjonsanalysene signifikant sammenheng mellom kastprestasjon og F₀ og P_{max} i benpress, mellom kastprestasjon og F₀, V₀ og P_{max} i benkpress, og mellom kastprestasjon og effekt i svikthopp. Sammenhengen mellom prestasjon i de spesifikke kastgrenene og Liakov var veldig høy for diskos og praktisk perfekt for kule, men sammenhengene nådde ikke statistisk signifikans. Det var en signifikant, nær perfekt sammenheng mellom F₀, V₀ og P_{max} i benpress og prestasjon i Liakov og en signifikant, nær perfekt sammenheng mellom fettfri masse og prestasjon i Liakov (Tabell 18).

Tabell 17: Deskriptiv statistikk generelle og spesifikke tester for utvalg 2.

Idrett	Kjønn	Keiser			Benkpress			CMJ	Liakov	InBody*
		F ₀ (N)	V ₀ (m/s)	P _{max} (W)	F ₀ (N)	V ₀ (m/s)	P _{max} (W)	Effekt (W)	Lengde (m)	FFM (kg)
Diskos	Menn	2856±499 (n=3)	2,66±0,08 (n=3)	2005±403 (n=3)	1203±161 (n=5)	2,72±0,30 (n=5)	816±63 (n=5)	2651±672 (n=3)	22,1±1,1 (n=4)	77,0±5,9 (n=5)
	Kvinner	2275±60 (n=2)	2,46±0,00 (n=2)	1432±50 (n=2)	788±56 (n=3)	2,47±0,15 (n=3)	484±11 (n=3)	1823±183 (n=2)	16,6±0,3 (n=2)	60,8±7,5 (n=2)
	Totalt	2623±476 (n=5)	2,58±0,13 (n=5)	1776±434 (n=5)	1047±249 (n=8)	2,63±0,27 (n=8)	691±179 (n=8)	2319±664 (n=5)	20,2±3,0 (n=6)	72,3±9,7 (n=7)
Slegge	Menn	3194 (n=1)	2,65 (n=1)	2266 (n=1)	n=0 (n=0)	n=0 (n=0)	n=0 (n=0)	n=0 (n=0)	n=0 (n=0)	83,3 (n=1)
	Kvinner	2088±268 (n=2)	2,05±0,05 (n=2)	1115±69 (n=2)	497±49 (n=2)	2,25±0,50 (n=2)	278±38 (n=2)	1407 (n=1)	14,5±0,9 (n=2)	n=0 (n=0)
	Totalt	2457±666 (n=3)	2,25±0,35 (n=3)	1498±667 (n=3)	497±49 (n=2)	2,25±0,50 (n=2)	278±38 (n=2)	1407 (n=1)	14,5±0,9 (n=2)	83,3 (n=1)
Kule	Menn	4010 (n=1)	2,55 (n=1)	2577 (n=1)	1231 (n=1)	2,80 (n=1)	861 (n=1)	2609 (n=1)	n=0 (n=0)	80,5 (n=1)
	Kvinner	2241±331 (n=3)	2,31±0,22 (n=3)	1344±262 (n=3)	785±80 (n=3)	2,27±0,15 (n=3)	440±23 (n=3)	2025±328 (n=3)	15,5±1,0 (n=3)	59,3±11,9 (n=3)
	Totalt	2683±925 (n=4)	2,37±0,22 (n=4)	1652±653 (n=4)	896±233 (n=4)	2,40±0,30 (n=4)	546±211 (n=4)	2171±396 (n=4)	15,5±1,0 (n=3)	64,6±14,4 (n=4)
Spyd	Menn	3045±484 (n=5)	2,64±0,26 (n=5)	2094±501 (n=5)	1171±220 (n=5)	2,42±0,19 (n=5)	710±159 (n=5)	2667±329 (n=4)	21,7±3,7 (n=5)	n=0 (n=0)
	Kvinner	1892±38 (n=2)	2,26±0,22 (n=2)	1116±130 (n=2)	639 (n=1)	2,10 (n=1)	331 (n=1)	1700±36 (n=2)	15,0 (n=1)	n=0 (n=0)
	Totalt	2715±688 (n=7)	2,53±0,30 (n=7)	1815±631 (n=7)	1082±293 (n=6)	2,37±0,22 (n=6)	647±210 (n=6)	2345±561 (n=6)	20,6±4,3 (n=6)	n=0 (n=0)
Totalt	Menn	3099±523 (n=10)	2,64±0,18 (n=10)	2133±426 (n=10)	1157±203 (n=11)	2,53±0,33 (n=11)	738±167 (n=11)	2654±419 (n=8)	21,7±2,7 (n=9)	78,4±5,5 (n=7)
	Kvinner	2137±248 (n=9)	2,27±0,20 (n=9)	1262±202 (n=9)	706±138 (n=9)	2,31±0,24 (n=9)	407±89 (n=9)	1816±287 (n=8)	15,4±1,0 (n=8)	59,9±9,2 (n=5)
	Totalt	2644±639 (n=19)	2,46±0,26 (n=19)	1720±555 (n=19)	963±288 (n=20)	2,44±0,31 (n=20)	596±216 (n=20)	2235±555 (n=16)	18,8±3,9 (n=17)	70,7±11,7 (n=12)

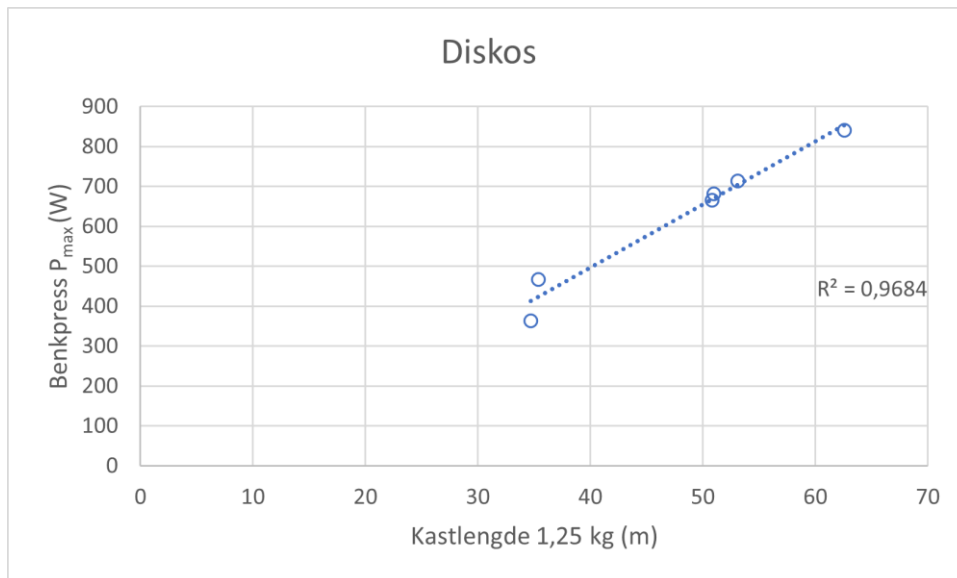
Data presentert som gjennomsnitt ± standardavvik. Merknader: *: testet under første datainnsamling. Presiseringer: effekt fra svikthopp er gjennomsnittseffekten fra skyvefasen med kroppsvikt målt i watt (W). Lengde i Liakov er med 3 kg redskap. Forkortelser: F₀: teoretisk maksimal kraft i newton (N), V₀: teoretisk maksimal hastighet i meter per sekund (m/s), P_{max}: teoretisk maksimal effekt i watt (W), CMJ: svikthopp, FFM: fettfri masse i kilo (kg), m: meter, n: antall. Opphav: laget selv.

Tabell 18: Sammenhengen mellom Liakovprestasjon og kraft, hastighet og effekt i benpress, effekt i svikthopp og kroppssammensetning for utvalg 2.

Idrett	Pearson's R	Keiser			CMJ	InBody	Liakov
		F ₀	V ₀	P _{max}	Effekt	FFM	Slope
Samlet		0,91** (n=15)	0,90** (n=15)	0,94** (n=15)	0,59* (n=13)	0,83** (n=8)	0,01 (n=17)
	P-verdi	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,98

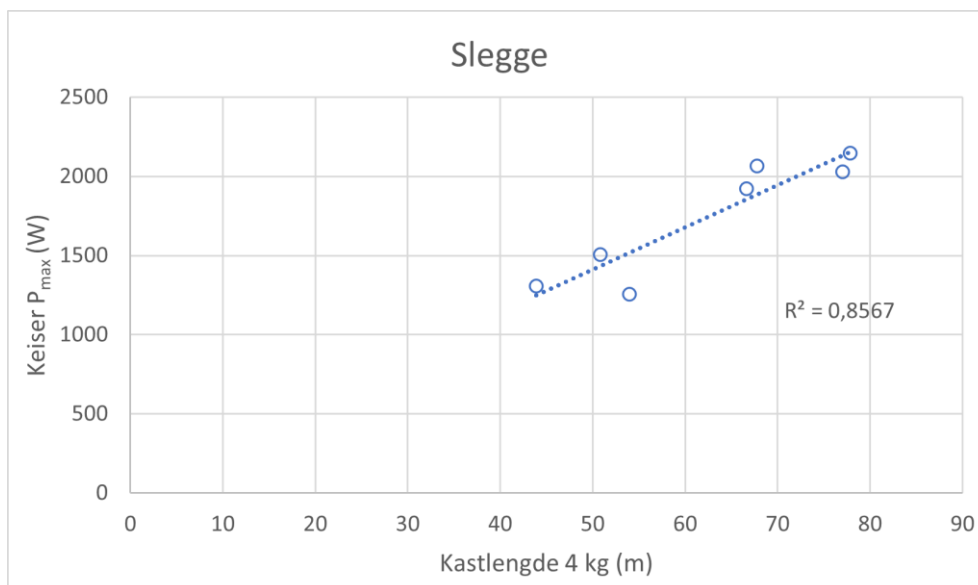
Merknader: *: signifikant på 0,05-nivå, **: signifikant på 0,01-nivå. Presisering: Pearson's R er korrelasjonskoeffisienten. Kroppssammensetning ble målt under 1. datainnsamling. Forkortelser: F₀: teoretisk maksimal kraft, V₀: teoretisk maksimal hastighet, P_{max}: teoretisk maksimal effekt, CMJ: svikthopp, FFM: fettfri masse, n: antall. Opphav: laget selv.

På bakgrunn av korrelasjonen mellom P_{\max} i benkpress og kastlengde med 1,25 kg diskos (Tabell 16) ble en enkel lineær regresjon gjort for å predikere prestasjon i diskos basert på P_{\max} i benkpress. En signifikant regresjonsligning ble funnet ($F(1, 4)=122,47$, $p < .00$), med en R^2 på 0,97 (Figur 10). Predikert lengde i diskos med 1,25 kg redskap er lik $9,75+0,06x$ når x måles i Watt. Gjennomsnittlig kastlengde økte 0,06 meter for hver enhet økning i Watt.



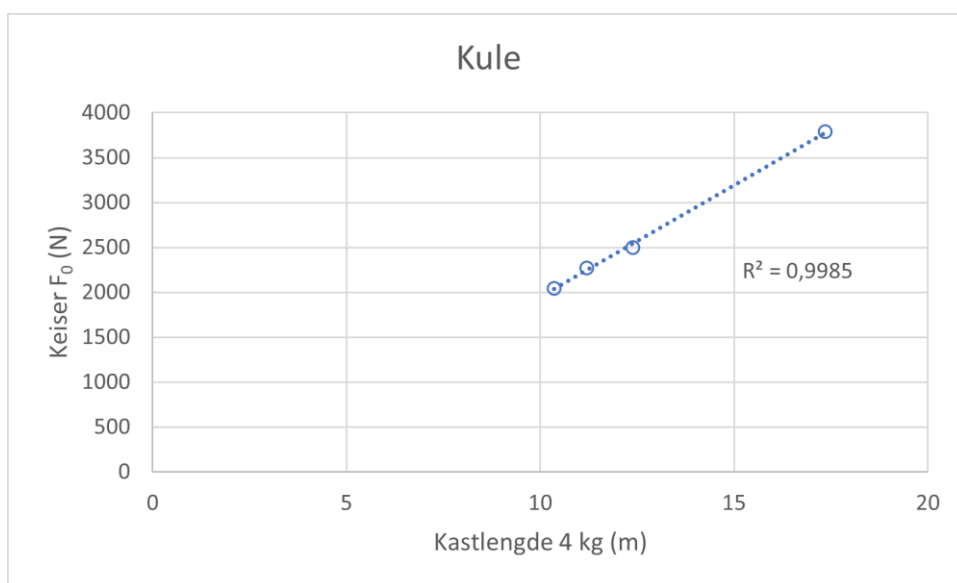
Figur 10: Sammenheng mellom maksimal effekt i benkpress og kastlengde i diskos. Forkortelser: P_{\max} : teoretisk maksimal effekt i watt (W), kg: kilo, m: meter, R^2 : forklart varians. $N=6$. Opphav: laget selv.

På bakgrunn av korrelasjonen mellom P_{\max} i benpress og kastlengde med 4 kg slegge (Tabell 16) ble en enkel lineær regresjon gjort for å predikere prestasjon i slegge basert på P_{\max} i benpress. En signifikant regresjonsligning ble funnet ($F(1, 5)=29,88$, $p=.003$), med en R^2 på 0,86 (Figur 11). Predikert lengde i slegge med 4 kg redskap er lik $6,45+0,03x$ når x måles i Watt. Gjennomsnittlig kastlengde økte 0,03 meter for hver enhet økning i Watt.



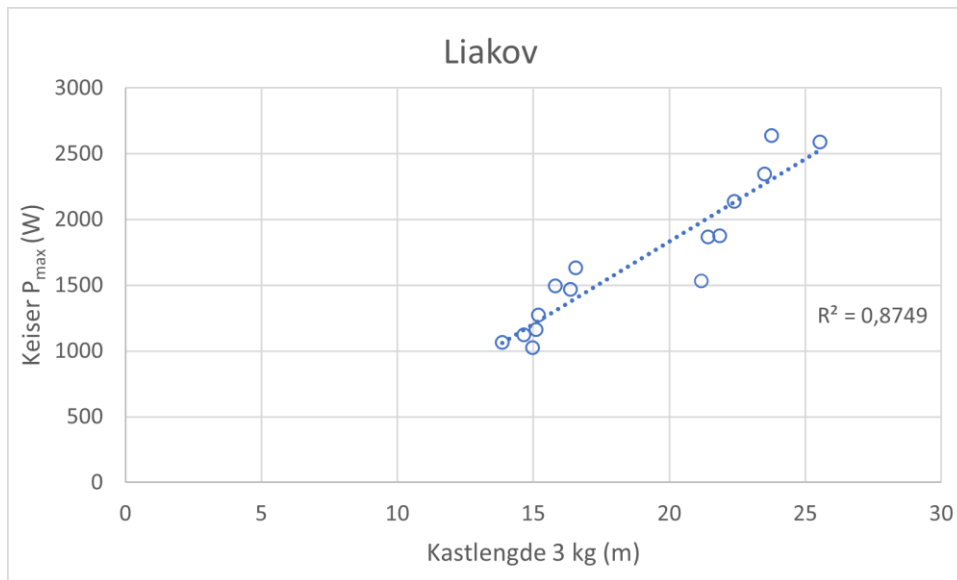
Figur 11: Sammenhengen mellom maksimal effekt i benpress og kastlengde i slegge. Forkortelser: P_{max} : teoretisk maksimal effekt i watt (W), kg: kilo, m: meter, R^2 : forklart varians. $N=7$. Opphav: laget selv.

På bakgrunn av sammenhengen mellom F_0 i benpress og kastlengde med 4 kg kule (Tabell 16) ble en enkel lineær regresjon gjort for å predikere prestasjon i kule basert på F_0 i benpress. En signifikant regresjonsligning ble funnet ($F(1, 2)=1354,37$, $p=.00$), med en R^2 på 1,00 (Figur 12). Predikert lengde i kule med 4 kg redskap er lik $2,22+0,004x$ når x måles i Newton. Gjennomsnittlig kastlengde økte 0,004 meter for hver enhet økning i Newton.



Figur 12: Sammenhengen mellom maksimal kraft i benpress og kastlengde i kule. Forkortelser: F_0 : teoretisk maksimal kraft i newton (N), kg: kilo, m: meter, R^2 : forklart varians. $N=4$. Opphav: laget selv.

På bakgrunn av korrelasjonen mellom P_{max} i benpress og kastlengde med 3 kg redskap i Liakov (Tabell 18) ble en enkel lineær regresjon gjort for å predikere prestasjon i Liakov basert på P_{max} i benpress. En signifikant regresjonsligning ble funnet ($F(1, 13)=90,91$, $p < .00$), med en R^2 på 0,87 (Figur 13). Predikert lengde i Liakov med 3 kg redskap er lik $7,07+0,01x$ når x måles i Watt. Gjennomsnittlig kastlengde økte 0,01 meter for hver enhet økning i Watt.



Figur 13: *Sammenhengen mellom maksimal effekt i benpress og kastlengde i Liakov.*
 Forkortelser: P_{max} : teoretisk maksimal effekt i watt (W), kg: kilo, m: meter, R^2 : forklart varians. $N=15$.
 Opphav: laget selv.

5. Diskusjon

5.1 Hovedfunn

Formålet med denne studien var å: 1) undersøke sammenhengen mellom S_{fv} fra KH-profiler i benpress og benkpress og slopen til idrettsspesifikke kastprofiler, 2) undersøke sammenhengen mellom variabler (F_0 , V_0 og P_{max}) fra generelle KH-tester (benpress, benkpress og svikthopp) og kastprestasjon, og mellom kroppssammensetning og kastprestasjon. Kastprofilene viste en nær perfekt lineær sammenheng mellom redskapstygde og kastlengde for de redskapstygdene som ble testet. Ingen signifikante sammenhenger ble funnet mellom slopen til kastprofilene i diskos, slegge, kule og Liakov og S_{fv} fra KH-profilene i benpress og benkpress. For diskos var det en signifikant veldig høy til praktisk perfekt sammenheng mellom fettfri masse og kastprestasjon, og mellom F_0 , V_0 og P_{max} i benkpress og kastprestasjon. P_{max} i benkpress var en signifikant prediktor for kastprestasjon og forklarte 97% av variansen i kastprestasjon. For slegge var det en signifikant veldig høy til praktisk perfekt sammenheng mellom F_0 og P_{max} i benpress og kastprestasjon, mellom fettfri masse og kastprestasjon, mellom effekt i svikthopp og kastprestasjon, og mellom slopen i kast og kastprestasjon. P_{max} i benpress var en signifikant prediktor for kastprestasjon og forklarte 86% av variansen i kastprestasjon. For kule var det en signifikant nær perfekt til praktisk perfekt sammenheng mellom F_0 og P_{max} i benpress og kastprestasjon, mellom F_0 , V_0 og P_{max} i benkpress og kastprestasjon, og mellom effekt i svikthopp og kastprestasjon. F_0 i benpress var en signifikant prediktor for kastprestasjon, og forklarte 100% av variansen i kastprestasjon.

5.2 Drøfting av funn

5.2.1 Kastprofiler

Kastprofilene viste en nær perfekt lineær sammenheng ($R^2=0,92-0,99$; Tabell 10) for de redskapstygdene som ble testet. Dette er i tråd med tidligere litteratur som har undersøkt KH-forholdet ved flerleddsbevegelser (Jaric, 2015).

Selv om det ikke ble funnet noen signifikante sammenhenger mellom benpress- og benkpressprofilene og kastprofilene, viste korrelasjonsanalysene en høy (slegge) til veldig høy sammenheng (diskos og kule) mellom benpressprofilene og kastprofilene for

idrettene samlet, og en høy sammenheng mellom benkpressprofilen og kastprofilen i diskos ($R=0,55-0,73$; Tabell 12, Vedlegg 2-6). Sammenhengene mellom diskos- og sleggeprofilene og benpressprofilene nærmet seg statistisk signifikans. Poweranalysene viste at vi trengte 29 forsøkspersoner for å avdekke en høy korrelasjon (Pearson's $R \geq 0,5$) (Hulley, Cummings, Grady & Newman, 2013, referert i Vedlegg 1). I og med at slopen på kastprofilene varierte mellom idrettene (Tabell 11) måtte analysene gjøres for idrettene separat, noe som reduserte den statistiske styrken betraktelig. Sammenhengene ville trolig blitt signifikante med flere forsøkspersoner dersom styrken på sammenhengen holdt seg. Interessant nok var det stor variasjon når analysene ble gjort for kjønn (Tabell 12). Dette kan skyldes at korrelasjonene er veldig sårbare for enkeltpersoner når antallet forsøkspersoner reduseres ytterligere sammenlignet med for idrettene samlet (Vedlegg 2-6).

Dette er den første studien som har undersøkt den samtidige validiteten mellom kastprofiler og generelle KH-profiler, så resultatene lar seg vanskelig sammenligne. Lindberg et al. (2021) undersøkte den samtidige validiteten mellom KH-profiler fra benpress, svikthopp og knebøyhopp. KH-forholdet i svikthopp og knebøyhopp ble videre etablert ved tre forskjellige metoder. Selv om KH-profilene i studien til Lindberg et al. (2021) er gjort på samme muskelgruppe (strekkapparatet i beina) og med samme kraft-vektor (aksial) varierte sammenhengen mellom metodene for S_{FV} fra triviell negativ til veldig høy positiv (Pearson's $R: -0,10-0,78$) mellom øvelsene og målemetodene. De skriver at enigheten mellom metodene er sterkt påvirket av kombinasjonen av målefeil samt ekstrapoleringsdistansen. Alle KH-variablene avhenger av målemetoden, inkludert utstyret, øvelsestype, motstandstype og bevegelsesutslag (Lindberg et al., 2021). Når man i tillegg til disse utfordringene legger til det faktum at vi i denne studien har sammenlignet to forskjellige bevegelser, hvorav den ene (kast) ikke har målt verken kraft eller hastighet, kompliseres sammenhengen ytterligere. De generelle øvelsene skilte seg fra kastøvelsene på flere måter knyttet til spesifisitetsprinsippet, som kan forklare funnene. Selv om bevegelsesutslaget i benpress og benkpress ble standardisert til individet, blir det ikke de samme leddvinklene som i kast. Bevegelsesutslag påvirker KH-forholdet (Alcazar et al., 2020; upubliserte data, 2021). Benpresstesten gjennomføres kun konsentrisk, mens benkpress og svikthopp gjennomføres eksentrisk-konsentrisk. KH-forholdet er spesifikt til kontraksjonstype

(Lindberg et al., 2021). Muskelarbeidet i kastøvelsene er eksentrisk-konsentrisk (og ballistisk). Mens benpress-testen har relativt kort ekstrapoleringsdistanse til F_0 og V_0 (Lindberg et al., 2021), var ekstrapoleringsdistansen til teoretisk maksimal tyngde for kastprofilene betydelig større (Tabell 10). I tillegg til disse forskjellene mellom øvelsene kommer test-retest reliabiliteten til de generelle øvelsene og test-retest reliabiliteten til kastprofilene.

5.2.2 Kastprestasjon

Diskos

Korrelasjonsanalysene viste en veldig høy (F_0) til praktisk perfekt (V_0 og P_{\max}) sammenheng mellom KH-variabler fra benkpress og kastlengde med 1,25 kg redskap (Tabell 16). Interessant nok var sammenhengen mellom kastprestasjon og KH-variabler i benpress kun moderat. Dette er til min kjennskap den første studien som har undersøkt sammenhengen mellom generelle KH-variabler og diskosprestasjon, og mellom Liakov- og diskosprestasjon. Funnene lar seg derfor vanskelig sammenligne.

Rotasjonsteknikken i diskos stiller krav til styrke og hurtighet i horisontalplanet gjennom en aksial akse. Det kan tenkes at benpresstesten ikke er spesifikk nok med tanke på bevegelsesplan og -akse. Bevegelsen i benkpress (horisontal adduksjon i skulderleddet) er sannsynligvis mer spesifikk fordi bevegelsen i skulderen i den generelle testen foregår i samme akser og plan som kastet. Det kan muligens forklare den relativt større sammenhengen mellom KH-variabler i benkpress og kastlengden sammenlignet med KH-testene for strekkapparatet i bena. Korrelasjonsanalysene viste en veldig høy sammenheng mellom diskos- og Liakovprestasjon (Tabell 16), men sammenhengen nådde ikke statistisk signifikans. Sammenhengen mellom effekt i svikthopp og diskosprestasjon var høy, men ikke statistisk signifikant (Tabell 16). Samlet sett indikerer resultatene at generelle KH-egenskaper i strekkapparatet i bena og generelle kast-spesifikke egenskaper kan være mindre viktige variabler å vektlegge i treningen for diskoskastere sammenlignet med for sleggekastere og kulestøtere.

Slegge

Resultatene viste veldig høy til nær perfekt sammenheng mellom generelle KH-variabler og kastprestasjon med 4 kg redskap (Tabell 16). Dette er til min kjennskap den første studien som har undersøkt sammenhengen mellom generelle KH-variabler og kastprestasjon i slegge. Interessant nok var det også en signifikant, veldig høy

sammenheng mellom slopen til kastprofilen og kastprestasjon (Tabell 16; Vedlegg 7). Denne sammenhengen kan nok ses i sammenheng med at mennene (som kastet lengst) også hadde høyest slope (0,19 kg/m versus 0,13 kg/m for damer; Tabell 11). Det er vanskelig å si om en høyere slope faktisk er positivt for kastprestasjon, eller om utregningen av slopen til kastprofilen favoriserer de som kaster lengst (temporalitetsproblemet). Terzis et al. (2010) fant en nær perfekt korrelasjon mellom kastlengde i Liakov og slegge ($R=0,95$). I tillegg viste våre data en signifikant, nær perfekt korrelasjon mellom P_{\max} i benpress og lengde i Liakov med 3 kg redskap ($R=0,94$; Tabell 18). Det virker altså å være en nær perfekt sammenheng mellom generelle KH-egenskaper og generelle kast-spesifikke egenskaper, og mellom generelle kast-spesifikke egenskaper og spesifikk prestasjon i slegge. Resultatene viste også veldig høy sammenheng ($R=0,89$) mellom total fettfri masse og kastlengde (Tabell 16). Dette er i tråd med funnene til Terzis et al. (2010), som også fant veldig høy sammenheng mellom fettfri masse og kastlengde i slegge ($R=0,81$, $0,84$ og $0,85$ for henholdsvis total fettfri masse, fettfri masse i underkropp og fettfri masse i trunkus).

Kule

Korrelasjonsanalysene viste en veldig høy til perfekt sammenheng mellom de generelle KH-variablene og kastprestasjon, med unntak av V_0 i benpress (Tabell 16). En liten sammenheng med V_0 i benpress er noe overraskende ettersom alle 4 utøverne benyttet rotasjonsteknikk. Dette står i motsetning til funnene til Kyriazis et al. (2009), som fant en veldig høy sammenheng mellom maksimal hastighet målt med kraftplattform og kastprestasjon hos 9 kulestøtere som benyttet rotasjonsteknikk. Kyriazis et al. (2009) fant også en korrelasjon på $0,60$ (utenfor sesong) og $0,66$ (i sesong) mellom effekt i svikthopp med kroppsvekt (også målt med kraftplattform). Resultatene våre viste en høyere sammenheng ($R=0,99$; Tabell 16). En mulig forklaring på dette kan være forskjellen i antall (4 i vår studie versus 9 i deres) og kjønn (kvinner og menn i vår studie versus kun menn i deres). I tillegg besto utvalget i studien til Kyriazis et al. (2009) av de 9 beste kulestøterne i landet. Det kan tenkes at generell muskulær effekt er mindre viktig desto høyere nivå man er på. Diskrepansen i funnene kan også ha bakgrunn i målemetoden (kraftplattform versus benpress-apparat). I tillegg var 3 av 4 utøvere i vårt utvalg kvinner: 4 kg er en relativt tung kule for kvinnene i vårt utvalg, som gjerne konkurrerte med 3 kg kule til vanlig. Det kan derfor tenkes at behovet for

kraft versus hastighet har blitt påvirket av redskapstyngden KH-variablene ble korrelert mot.

5.3 Metodediskusjon

5.3.1 Design

Designet (tverrsnitt) begrenser slutningene man kan trekke ut av resultatene. Tverrsnittsstudier kan kun si om det er en sammenheng, men ikke påvise årsaks-virkningsforhold (Thomas, Nelson & Silverman, 2015, s. 331). En potensiell svakhet ved designet er at det var 8 måneder mellom de to datainnsamlingene. Dette kan potensielt ha påvirket korrelasjonene mellom fettfri masse (1. datainnsamling) og Liakovprestasjon (2. datainnsamling), mellom slope kast (1. datainnsamling) og slope Liakov (2. datainnsamling), samt mellom prestasjon i kast (1. datainnsamling) og prestasjon i Liakov (2. datainnsamling). En annen svakhet med designet er at vi ikke kan utelukke konfunderende faktorer. Det kan for eksempel tenkes at de mest dedikerte utøverne trener mer generelt og spesifikt enn de nest beste i utvalget, og at de som kaster lengst gjør det fordi de trener mer spesifikt (og ikke bare fordi de er sterkere/hurtigere). En stor styrke med designet er at vi har kunnet teste sammenhengen mellom veldig mange variabler. Designet er godt egnet til å generere hypoteser som kan testes med andre studiedesign.

5.3.2 Rekruttering

Rekrutteringen skjedde fra landslagssamlinger. Det ble i 2020 holdt to slike samlinger. Flere samlinger var planlagt, men ikke avholdt grunnet coronapandemien. Det var i utgangspunktet planlagt å se på KH-profilene og kastprofilene med longitudinalt design, altså om endringer i de generelle KH-profilene følger endringer i kastprofilene (samvariasjon).

5.3.3 Utvalg

Antallet forsøkspersoner ble begrenset av antall tilgjengelige utøvere på samling. Slik sett landet vi på så mange forsøkspersoner som rammene tillot. Det ble ikke tatt høydemål av deltakerne under 2. datainnsamling. Videre manglet det vektdata på en del av deltakerne under 2. datainnsamling (de som ikke testet svikthopp). Manglende demografiske data kan ha påvirket beskrivelsen av utvalget. En stor begrensning er

antall deltakere som gjennomførte testene (Tabell 8 og 9). For det første blir korrelasjonene veldig sårbare for enkeltindivider. Videre er det sannsynlig at man hadde funnet flere signifikante korrelasjoner med flere deltakere. Studiens eksterne validitet er begrenset til kastere i friidrett. Det er usikkert om sammenhengen mellom styrke og hurtighet og kastprestasjon er gjeldende i like stor grad for utøvere på enda høyere nivå enn de i vårt utvalg. Hole (2021) undersøkte i en kasusstudie den intraindividuelle sammenhengen mellom generelle KH- og styrketester og kastprestasjon hos 1 sleggekaster og 2 diskoskastere på høyt internasjonalt nivå (personlig rekord på ~90% av verdensrekorden). Kastprestasjon hadde størst sammenheng med 1RM i knebøy, markløft og frivending, og maksimal effekt i svikthopp. Det er foreslått i litteraturen at sammenhengen mellom maksimal styrke og effekt avtar med økende treningsalder (Cormie et al., 2011). Det kan tenkes at også styrken på den interindividuelle sammenhengen mellom styrke/hurtighet og kastprestasjon avtar med treningserfaring/nivå.

5.3.4 Tester

Sittende benpress ble gjennomført med standardisert hoftevinkel for alle deltakerne (vertikale lårben). Avhengig av antropometri (lengde på lår og leggben) vil knevinkelen variere litt mellom forsøkspersonene. Valget av belastningstrinnene (standardisert for gutter og jenter) for benpress-testen kan også ha spilt inn på KH-variablene. Det kan tenkes at de som var veldig sterke og måtte ta flere enn 10 repetisjoner for å treffe 1RM presterte dårligere på de siste repetisjonene som følge av nevrologisk tretthet.

Benkpress ble gjennomført med selvvalgt eksentrisk tempo og bruk av «sprett». For å sikre den interne validiteten til øvelsen kunne den blitt gjennomført med pause i bunn. Variasjon i bruk av sprett mellom forsøkspersonene kan ha påvirket KH-variablene fra denne testen. Samtidig kan man argumentere for at det er mer spesifikt for kast å benytte en variant som utnytter strekk-forkortnings-syklusen.

Svikthopp ble gjennomført med hendene i hoftefeste og med selvvalgt dybde på svikten. Et alternativ kunne vært å standardisere bevegelsesutslaget, da det virker å gi bedre reliabilitet i knebøyhopp (Janicijevic et al., 2020). I praksis ville dette gjort at poenget med svikten (utnytte strekk-forkortnings-syklusen) ville falt litt bort.

Kast i idrettsgrenen ble gjennomført med de redskapstydene som er presentert i Tabell 5. Et viktig poeng er at kastprofilene ikke beskriver KH-forholdet i kastgrenen. Zatziorsky og Karaslov (1978, referert i Zatziorsky & Kraemer, 2006) beskrev forholdet mellom utgangshastighet og redskapstynge i kule. I denne studien har vi ikke kontrollert for utgangshøyden og -vinkelen, så vi vet ikke hva slags påvirkning justering for dette eventuelt ville hatt på kastprofilene. Selv om flere av kastprofilene ble testet med relativt mange redskapstynge ble spesielt ekstrapoleringsdistansen til teoretisk maksimal tyngde betydelig for de ulike kastgrenene og Liakov (Tabell 10). Det er vanskelig å si i hvilken grad kastprofilene hadde avvirket fra lineær modell hvis man hadde testet enda tyngre og eventuelt også lettere redskaper. Samtidig kan man argumentere for å ikke teste redskapstynge som avviker for mye fra konkurransetyngde av hensyn til skaderisiko for utøverne. I tillegg er det verdt å påpeke at aksekrysningspunktene (kg på 0 meter og meter på 0 kg) i praksis gir liten mening. Kasting med veldig lette eller veldig tunge redskaper vil sannsynligvis også gjøre at øvelsen teknisk sett endres noe.

Liakov ble gjennomført med kun tre redskapstynge. Selv om lineær modell passet datapunktene godt (Tabell 10), kan man ikke utelukke at redskapstynge-kastlengde-forholdet kunne sett annerledes ut dersom man inkluderte tyngre redskap også.

En stor styrke med testene vi har brukt er at vi har benyttet variabler fra KH-forholdet i tester på relevante muskler. Tidligere studier har gjerne brukt 1RM eller KH-variabler fra kraftplattform som generelle tester. Ved å etablere KH-forholdet med teoretisk maksimal kraft (F_0), teoretisk maksimal hastighet (V_0) og teoretisk maksimal effekt (P_{max}) kan man med større presisjon si noe om hva som burde vektlegges i den generelle treninga (kraft, hastighet eller effekt) for å bedre den spesifikke prestasjonen i størst mulig grad. Videre har vi testet sammenhengen mellom det generelle og spesifikke langs hele «spesifisitetkontinuumet», fra det helt generelle (fettfri masse), via muskelmekaniske egenskaper etablert i generelle KH-tester (kraft, hastighet og effekt i benpress og benkpress), via det generelle kast-spesifikke (Liakov), til det spesifikke (kast i idrettsgrenene).

5.3.5 Reliabilitet tester

En stor styrke med denne studien er at reliabiliteten på de generelle testene er testet og kjent fra tidligere studier (Lindberg et al., 2021; Helland et al., 2020). Testene er gjennomført med nøyaktig det samme utstyret og har vist god reliabilitet. Det er sannsynlig at reliabiliteten til KH-variablene i benkpress slik vi gjennomførte øvelsen er litt lavere enn i reliabilitetsstudien til Iglesias-Soler et al. (2019; Tabell 7). Det kan tenkes at bruken av Smith-maskin øker reliabiliteten noe ettersom «forskyvning» muligens varierer mindre når stangbanen er diktet og man har muligheten til å sette enkoderen rett under stangen uten å måtte flytte den mellom forsøkspersonene. I studien til Iglesias-Soler et al. (2019) ble det også brukt 1 sekund pause i bunnposisjonen, noe som sannsynligvis øker reliabiliteten sammenlignet med selvvalgt eksentrisk tempo og bruk av sprett. Den reelle variasjonskoeffisienten til kastene er sannsynligvis noe høyere enn det som er oppgitt i metoden. Tallene er basert på kast i NM i friidrett, hvor utøverne gjerne trækker «dødt» når de bommer eller vet at de har kastet lenger på tidligere kast. Reliabiliteten til slopen på kast er ukjent, men sannsynligvis noe høyere enn på enkeltkast ettersom hvert enkelt kast spiller inn på slopen. Tre kast per redskapstyngde bidro likevel til å sikre reliabiliteten til kastprofilene så godt som mulig med den tiden som var tilgjengelig for testing.

5.3.6 Databehandling og -analyser

En potensiell svakhet er at vi ikke har sammenlignet lineær modell med andre modeller for kastprofilene. Basert på visuell inspeksjon ser likevel profilene lineære ut for de redskapstyngdene som ble testet, noe R^2 -verdiene (Tabell 10) også understøtter. Slopen på kastprofilene ble regnet ut som T_0/L_0 . Dette for at korrelasjonen mot S_{fv} fra benkpress- og benpressprofilene skulle gi mening, ettersom de ble regnet ut som F_0/V_0 . Selv om de absolutte verdiene i kg/meter ble relativt lave (Tabell 11), betyr en høyere slope på kastprofilen større teoretisk maksimal tyngde relativt til teoretisk maksimal lengde («tyngdedominant»).

5.3.7 Statistiske analyser

Normalfordeling av variablene fra generelle og spesifikke tester ble vurdert samlet for hele utvalget (separat mellom utvalg 1 og utvalg 2). For noen av variablene var det typisk en uteligger i dataene, men dataene ble likevel vurdert som normalfordelt. Dette

kan muligens ha påvirket resultatene. Normalfordeling ble ikke vurdert separat for idrettene eller idrett og kjønn. Det er derfor en mulighet for at dataene kan være skjevfordelte for noen subgrupper. Korrelasjon og regresjon for kastprestasjon ble gjort samlet for idrettene for utvalg 1 og samlet for kjønn for utvalg 2. Etersom gutter og jenter kastet med ulike redskapstygder med overlapp på en eller to redskapstygder (Tabell 5), måtte en velge en av de tyngste redskapene for jentene og letteste for guttene til sammenhengen mellom generelle KH-variabler og kastprestasjon. Det kunne vært interessert å gjøre subanalyser for idrett og kjønn på konkurransetyngde for menn og kvinner for å se på sammenhengen for kjønnene separat. Når det gjelder regresjon var antall deltakere for lavt til å gjennomføre multippel regresjon ($n < 20$; O'Donoghue, 2012, s. 161). Regresjon ble derfor gjort med bakgrunn i den variabelen fra de generelle testene som korrelerte best med kastprestasjon. Regresjonen til Liakovprestasjon hadde en uteligger i residualene. O'Donoghue (2012, s. 151) skriver at det ikke må være noen uteligger i residualene ettersom det kan ha en uheldig virkning på regresjonslikningen. Påvirkningen dette hadde på regresjonen er sannsynligvis likevel minimal ettersom regresjonen er basert på 15 forsøkspersoner.

5.4 Praktiske implikasjoner

5.4.1 Hvor spesifikke må KH-testene være for kastere i friidrett?

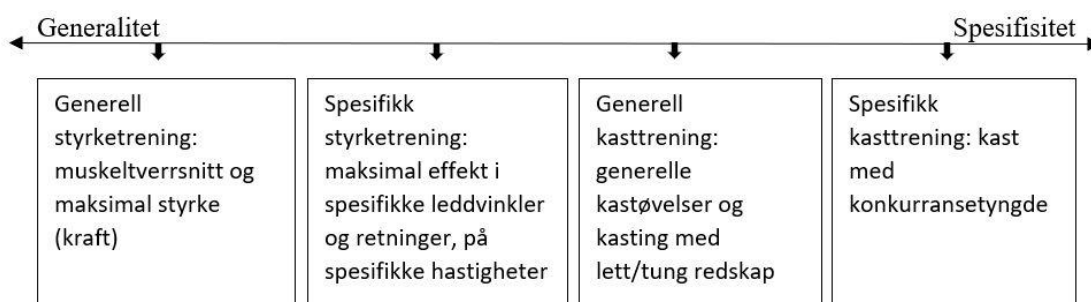
Basert på resultatene fra korrelasjonsanalysene (Tabell 12) burde KH-profil-testene for kastere i friidrett være idrettsspesifikke for å si noe om hva man skal vektlegge i kasttreningen. Kastere i friidrett burde med andre ord gjennomføre spesifikke redskapstygde-kastlengde-profiler. Likevel ser den interindividuelle forskjellen mellom utøverne i hovedsak ut til å være en parallellforskyvning av kastprofilen (Figur 6-9), men med noen unntak. De fleste utøverne virker altså ikke å ha en åpenbar mangel av kraft eller hastighet. Videre er det vanskelig å si hva som er en «optimal» kastprofil i og med at det ikke finnes noen referansestandarder. I praksis kan det gi mening å sammenligne kastprofilen med andre utøvere, gjerne utøvere på høyt nivå. Dersom man ser en trend i kastprofilen, for eksempel at man kaster vesentlig kortere med lette redskaper sammenlignet med konkurransetyngden sammenlignet med en god utøver, kan det gi mening at man burde prioritere trening med lett redskap i tillegg til spesifikk trening på konkurransetyngde.

Et annet interessant spørsmål er i hvor stor grad man skal la den generelle KH-profilen diktere den spesifikke treningen. Lindberg et al. (2021) viste at enigheten mellom målemetoder for KH-tester i bena varierer mye (spesielt for V_0 , og derfor også S_{fv}). Så vidt meg bekjent finnes det ikke en referansemetode (gullstandard) for generelle KH-profiler. S_{fv} fra KH-profiler i svikthopp og knebøyhopp har uakseptabel reliabilitet ($CV > 10\%$; Lindberg et al., 2021). KH-profiler fra knebøyhopp ser også ut til å variere avhengig av om man benytter frivekter eller Smith-maskin (Valenzuela et al., 2020). Benpress-testen vi har benyttet har akseptabel reliabilitet (Lindberg et al., 2021), men KH-profilen fra benpress er sannsynligvis også leddvinkelspesifikk (upubliserte data, 2021). Det er med andre ord flere utfordringer knyttet til å bruke generelle KH-tester for å si noe om den spesifikke treningen.

5.4.2 Hva skal man vektlegge i den generelle og spesifikke treningen?

Den veldig høye sammenhengen mellom fettfri masse og kastprestasjon ($R=0,85-0,89$; Tabell 16) indikerer at alle utøvere i kastidrettene først og fremst burde legge ned treningsarbeid med mål om å «bygge muskler». Det er i tråd med observasjoner av en sterk sammenheng mellom hvor stor kraft en muskelfiber kan produsere, og fiberdiameteren (Krivickas, Dorer, Ochala & Frontera, 2011). For diskoskastere virker spesielt brystmuskulaturen å være viktig (Tabell 16). For sleggekastere virker strekkapparatet i bena å være avgjørende (Tabell 16). For kulestøtere virker både strekkapparatet i bena og overkroppen å være viktig (Tabell 16). Trening for muskelvekst er et stort tema, men treningsvolum i form av antall ukentlige sett per muskelgruppe (Schoenfeld, Ogborn & Krieger, 2017), motstand (Schoenfeld, Grgic, Ogborn & Krieger, 2017) og bevegelsesutslag (Schoenfeld & Grgic, 2020) er alle viktige variabler å vurdere. Et annet spørsmål er hvor nærme utmattelse man skal trene i den generelle styrketreningen. I den forbindelse kan det være aktuelt å bruke «hastighets-basert styrketrening» som et verktøy for intensitetsstyring. Hastighets-basert styrketrening går ut på å stoppe serien når hastigheten faller en viss prosent sammenlignet med 1. repetisjon i serien. Trening med lavere hastighetstap (lengre fra utmattelse) ser ut til å gi større effekt på muskulær effekt, men potensielt mindre økning i muskelvekst (Pareja Blanco et al., 2017; Pareja-Blanco, Sánchez-Medina, Suárez-Arrones & González-Badillo, 2017). Ettersom trening på store deler av «repetisjonskontinuumet» ser ut til å gi samme effekt på muskelvekst, virker det lurt å

prioritere færre repetisjoner da det ser ut til å gi større økninger i maksimal styrke (Schoenfeld, Grgic et al., 2017). Det virker også lurt å trene med intensjon om maksimal hastighet på all generell og spesifikk trening (Kawamori & Newton, 2006). Den spesifikke styrketreningen kan gjerne være leddvinkel- (Rhea et al., 2016), hastighets- (Kawamori & Newton, 2006) og kraftvektor-spesifikk (Contreras et al., 2017; Abade et al., 2019). Prioriteringen mellom generell og spesifikk trening burde følge en periodiseringsmodell inndelt i faser hvor ulike kvaliteter vektlegges i de ulike fasene (DeRenne et al., 2001; van den Tillaar, 2004; Waller et al., 2014).



Figur 14: Spesifisitetkontinuumet.

Figuren illustrerer en inndeling i generell og spesifikk styrketrening, og generell og spesifikk kasttrening. Opphav: laget selv (inspirert av DeRenne et al., 2001; Van den Tillaar, 2004).

Resultatene kan i mindre grad brukes til å si noe om hva man skal vektlegge i den spesifikke treningen. Selv om det var en signifikant sammenheng mellom slopen på kastprofilene og kastprestasjon for slegge er det vanskelig å si hva denne sammenhengen kan brukes til. Fra et praktisk perspektiv gir det mening å trene med en redskapstyngde som er en «svakhet» i kastprofilen, men man har enda ikke noen standarder eller modeller som kan brukes til å regne ut en tyngde-lengde-ubalanse, slik man har i hopp. Man kunne for eksempel sammenligne den individuelle slopen (T_0/L_0) med gjennomsnittsverdier (Tabell 11). Avvik på en viss prosent eller for eksempel 2 standardavvik fra gjennomsnittet kunne dannet grunnlag for en tyngde-lengde-ubalanse. Individuer med «tyngde-mangel» ville da blitt de som har en slope som er lavere enn gjennomsnittet. Effekten av individuelt tilpasset trening med bakgrunn i en slik ubalanse er ukjent.

5.5 Videre forskning

I forlengelse av denne undersøkelsen vil det være interessant å se på hvordan forholdet mellom redskapstyngde og kastlengde eventuelt endrer seg dersom man benytter flere

redskapstyngder, spesielt nærmere teoretisk maksimal tyngde. Videre ville det vært interessant å gjøre de samme analysene mellom S_{fv} fra generelle KH-profiler og slopen til kastprofilene med flere forsøkspersoner. Dette fordi det lave antallet forsøkspersoner per kastgren gjør at faren for type II feil er overhengende, samt at korrelasjonskoeffisienten påvirkes mye av hver forsøksperson. Det ville også vært interessant å se på om endringer i kastprofiler over tid samvarierer med endringer i generelle KH-profiler (longitudinalt design). Dersom profilene samvarierer, kunne det vært interessant å undersøke effekten av ulike typer generell trening (f. eks med utgangspunkt i KH_{imb}) på kastprofilen. Det hadde også vært interessant å undersøke effekten av trening etter «redskapstyngde-lengde-ubalansen» sammenlignet med «uspesifikk» kasttrening (ikke individuelt tilpasset til kastprofilen). Videre vil det være interessant å følge opp med effektstudier som ser på effekten av ulike typer generell trening på kastprestasjon.

6. Konklusjon

Det var ingen signifikante sammenhenger mellom S_{fv} i benkpress og benpress og slopen til kastprofilene. Dette kan tolkes som at KH-profilene til kastere i friidrett bør være idrettsspesifikke for å kunne si noe om hva man skal vektlegge i treningen. Disse resultatene må imidlertid tolkes med varsomhet på grunn av metodiske begrensninger i tverrsnittstudier og lav statistisk styrke. Når det gjelder spesifikk kasttrening mangler det referansestandarder for spesifikke kastprofiler, og effekten av individualisert kasttrening er ikke kjent. Med bakgrunn i spesifisitetsprinsippet burde alle kastere i friidrett prioritere spesifikk kasttrening på konkurransetyngde. Videre indikerer funnene i denne studien at kastere i friidrett burde vektlegge generell styrketrening for å øke maksimal kraft og effekt, ettersom sammenhengen mellom kraft og effekt i benpress og benkpress og kastprestasjon var god. Dette støttes videre av den sterke sammenhengen mellom fettfri masse og kastprestasjon, særlig hvis vi legger til grunn at generell, tradisjonell styrketrening er det mest effektive for å bygge muskler (øke fettfri masse). Periodiseringsmodeller bør trolig benyttes for å bestemme hva som skal prioriteres til hvilken tid i sesongen.

Referanser

Abade, E., Silva, N., Ferreira, R., Baptista, J., Gonçalves, B., Osório, S., & Viana, J. (2019). Effects of Adding Vertical or Horizontal Force-Vector Exercises to In-season General Strength Training on Jumping and Sprinting Performance of Youth Football Players. *Journal of strength and conditioning research*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003221>

Alcazar, J., Csapo, R., Ara, I., & Alegre, L. M. (2019). On the Shape of the Force-Velocity Relationship in Skeletal Muscles: The Linear, the Hyperbolic, and the Double-Hyperbolic. *Frontiers in physiology*, *10*, 769. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00769>

Alcazar, J., Pareja-Blanco, F., Rodriguez-Lopez, C., Navarro-Cruz, R., Cornejo-Daza, P. J., Ara, I., & Alegre, L. M. (2021). Comparison of linear, hyperbolic and double-hyperbolic models to assess the force-velocity relationship in multi-joint exercises. *European journal of sport science*, *21*(3), 359–369. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1753816>

Bartlett R. M. (1992). The biomechanics of the discus throw: a review. *Journal of sports sciences*, *10*(5), 467–510. <https://doi.org/10.1080/02640419208729944>

Contreras, B., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J., Beardsley, C., McMaster, D. T., Reyneke, J. H., & Cronin, J. B. (2017). Effects of a Six-Week Hip Thrust vs. Front Squat Resistance Training Program on Performance in Adolescent Males: A Randomized Controlled Trial. *Journal of strength and conditioning research*, *31*(4), 999–1008. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001510>

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports medicine*, *41*(1), 17–38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>

DeRenne, C., Ho, K. W., & Murphy, J. C. (2001). Effects of general, special, and specific resistance training on throwing velocity in baseball: a brief review. *Journal of strength and conditioning research*, *15*(1), 148–156.

Escobar Álvarez, J. A., Fuentes García, J. P., Da Conceição, F. A., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling During Jumping in Ballet Dancers. *International journal of sports physiology and performance*, *15*(6), 788–794. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0492>

Helland, C., Midttun, M., Saeland, F., Haugvad, L., Schäfer Olstad, D., Solberg, P. A., & Paulsen, G. (2020). A strength-oriented exercise session required more recovery time than a power-oriented exercise session with equal work. *PeerJ*, *8*, e10044. <https://doi.org/10.7717/peerj.10044>

Hole, E. (2021). *En casestudie av kastere på internasjonalt nivå* (Masteroppgave). Norges idrettshøgskole, Oslo.

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and science in sports and exercise*, *41*(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

Hopkins, W. G. (2015). Spreadsheets for Analysis of Validity and Reliability. *Sportscience*, *19*, 36-44.

Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Rial-Vázquez, J., Morín-Jiménez, A., Aracama, A., Guerrero-Moreno, J. M., & Jaric, S. (2019). Reliability of force-velocity parameters obtained from linear and curvilinear regressions for the bench press and squat exercises. *Journal of sports sciences*, *37*(22), 2596–2603. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1648993>

Janicijevic, D., Knezevic, O. M., Mirkov, D. M., Pérez-Castilla, A., Petrovic, M., Samozino, P., & García-Ramos, A. (2020). The force-velocity relationship obtained during the squat jump exercise is meaningfully influenced by the initial knee angle. *Sports biomechanics*, 1–10. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1727559>

- Jaric S. (2015). Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance Tasks. *International journal of sports medicine*, 36(9), 699–704. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1547283>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling during Jumping. *Frontiers in physiology*, 7, 677. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., & Morin, J. B. (2019). Optimized training for jumping performance using the force-velocity imbalance: Individual adaptation kinetics. *PloS one*, 14(5), e0216681. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216681>
- Kawamori, N., & Newton, R. (2006). Velocity specificity of resistance training: Actual movement velocity versus intention to move explosively. *Strength and Conditioning Journal*, 28(2), 86-91.
- Krivickas, L. S., Dorer, D. J., Ochala, J., & Frontera, W. R. (2011). Relationship between force and size in human single muscle fibres. *Experimental physiology*, 96(5), 539–547. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2010.055269>
- Kyriazis, T. A., Terzis, G., Boudolos, K., & Georgiadis, G. (2009). Muscular power, neuromuscular activation, and performance in shot put athletes at preseason and at competition period. *Journal of strength and conditioning research*, 23(6), 1773–1779. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3f91e>
- Lindberg, K., Solberg, P., Bjørnsen, T., Helland, C., Rønnestad, B., Thorsen Frank, M., Haugen, T., Østerås, S., Kristoffersen, M., Midttun, M., Sæland, F., & Paulsen, G. (2021). Force-velocity profiling in athletes: Reliability and agreement across methods. *PloS one*, 16(2), e0245791. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245791>
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *International journal of sports physiology and performance*, 11(2), 267–272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>

Morin J. B., & Samozino P. (2018) Biomechanics of training and testing. New York: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05633-3>

O'Donoghue, P. (2012). *Statistics for sport and exercise studies: an introduction*. Champaign, IL: Routledge.

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>

Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of Velocity Loss During Resistance Training on Performance in Professional Soccer Players. *International journal of sports physiology and performance*, 12(4), 512–519. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0170>

Pereira, M. I., & Gomes, P. S. (2003). Movement velocity in resistance training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(6), 427–438. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333060-00004>

Raastad, T., Paulsen, G., Refsnes, P. E., Rønnestad, B. R., & Wisnes, A. R. (2010). *Styrketrening: i teori og praksis*. Oslo: Gyldendal undervisning.

Rakovic, E., Paulsen, G., Helland, C., Eriksrud, O., & Haugen, T. (2018). The effect of individualised sprint training in elite female team sport athletes: A pilot study. *Journal of sports sciences*, 36(24), 2802–2808. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1474536>

Redden, J., Stokes, K., & Williams, S. (2018). Establishing the Reliability and Limits of Meaningful Change of Lower Limb Strength and Power Measures during Seated Leg Press in Elite Soccer Players. *Journal of sports science & medicine*, 17(4), 539–546.

Rhea, M., Kenn, J., Peterson, M., Massey, D., Simão, R., Marin, P.J, Favero, M., Cardozo, D., & Krein, D. (2016). Joint-angle specific strength adaptations influence improvements in power in highly trained athletes. *Human Movement, 17*(1), 43-49. <https://doi.org/10.1515/humo-2016-0006>

Sakamoto, A., Kuroda, A., Sinclair, P. J., Naito, H., & Sakuma, K. (2018). The effectiveness of bench press training with or without throws on strength and shot put distance of competitive university athletes. *European journal of applied physiology, 118*(9), 1821–1830. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3917-9>

Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2010). Jumping ability: a theoretical integrative approach. *Journal of theoretical biology, 264*(1), 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2010.01.021>

Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: citius or fortius?. *Medicine and science in sports and exercise, 44*(2), 313–322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>

Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P., & Morin, J. B. (2014). Force-velocity profile: imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International journal of sports medicine, 35*(6), 505–510. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1354382>

Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research, 31*(12), 3508–3523. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002200>

Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences, 35*(11), 1073–1082. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1210197>

Schoenfeld, B. J., & Grgic, J. (2020). Effects of range of motion on muscle development during resistance training interventions: A systematic review. *SAGE open medicine*, 8, 2050312120901559. <https://doi.org/10.1177/2050312120901559>

Terzis, G., Karampatsos, G., & Georgiadis, G. (2007). Neuromuscular control and performance in shot-put athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 47(3), 284–290.

Terzis, G., Stratakos, G., Manta, P., & Georgiadis, G. (2008). Throwing performance after resistance training and detraining. *Journal of strength and conditioning research*, 22(4), 1198–1204. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816d5c97>

Terzis, G., Spengos, K., Kavouras, S., Manta, P., & Georgiadis, G. (2010). Muscle fibre type composition and body composition in hammer throwers. *Journal of sports science & medicine*, 9(1), 104–109.

Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2015). *Research methods in physical activity (7. edition)*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Valenzuela, P. L., Sánchez-Martínez, G., Torrontegi, E., Vázquez-Carrión, J., Montalvo, Z., & Haff, G. G. (2021). Should We Base Training Prescription on the Force-Velocity Profile? Exploratory Study of Its Between-Day Reliability and Differences Between Methods. *International journal of sports physiology and performance*, 1–7. Advance online publication. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0308>

van den Tillaar R. (2004). Effect of different training programs on the velocity of overarm throwing: a brief review. *Journal of strength and conditioning research*, 18(2), 388–396. <https://doi.org/10.1519/R-12792.1>

van den Tillaar, R., & Ball, N. (2019). Validity and Reliability of Kinematics Measured with PUSH Band vs. Linear Encoder in Bench Press and Push-Ups. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(9), 207. <https://doi.org/10.3390/sports7090207>

Zabaloy, S., Pareja Blanco, F., Giraldez, J., Rasmussen, J. I., & Gonzalez, J. (2020). Effects of individualised training programmes based on the force-velocity imbalance on physical performance in rugby players. *Isokinetics and Exercise Science*, 28(6),1-10.
<https://doi.org/10.3233/IES-192196>

Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Karampatsos, G., Georgiadis, G., Stasinaki, A., Manta, P., & Terzis, G. (2013). Effects of Strength vs. Ballistic-Power Training on Throwing Performance. *Journal of sports science & medicine*, 12(1), 130–137.

Zatsiorsky, V. M., Lanka, G. E., & Shalmanov, A. A. (1981). Biomechanical analysis of shot putting technique. *Exercise and sport sciences reviews*, 9, 353–389.
<https://doi.org/10.1249/00003677-198101000-00009>

Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and practice of strength training* (2. ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Tabelloversikt

Tabell 1: Deskriptiv statistikk for utøvere rekruttert ved første testhelg.....	29
Tabell 2: Deskriptiv statistikk for utøvere rekruttert ved andre testhelg.....	30
Tabell 3: Eksempelprotokoll for 10-trinns Keiser benpresstest.	32
Tabell 4: Eksempelprotokoll på KH-test i benkpress.	33
Tabell 5: Redskapstyngder for de spesifikke kast-testene.....	33
Tabell 6: Mål på reliabilitet for KH-variabler fra Keiser benpress-test (95% KI).	34
Tabell 7: Mål på reliabilitet for KH-variabler i benkpress.	35
Tabell 8: Antall fra utvalg 1 som gjennomførte testene.	38
Tabell 9: Antall fra utvalg 2 som gjennomførte testene.	39
Tabell 10: Linearitet, tyngde- og lengdespenn for kastprofilene.....	42
Tabell 11: Deskriptiv statistikk generelle KH-profiler og spesifikke kastprofiler for utvalg 1.	43
Tabell 12: Sammenhengen mellom generelle KH-profiler og spesifikke kastprofiler for utvalg 1.	43
Tabell 13: Deskriptiv statistikk for generelle KH-profiler og Liakovprofil for utvalg 2.	43
Tabell 14: Sammenhengen mellom generelle KH-profiler og Liakovprofil for utvalg 2.	44
Tabell 15: Deskriptiv statistikk generelle og spesifikke tester for utvalg 1.	45
Tabell 16: Sammenhengen mellom kastprestasjon og kraft, hastighet og effekt i generelle øvelser, kroppssammensetning og Liakovprestasjon for utvalg 1.	46
Tabell 17: Deskriptiv statistikk generelle og spesifikke tester for utvalg 2.	47
Tabell 18: Sammenhengen mellom Liakovprestasjon og kraft, hastighet og effekt i benpress, effekt i svikthopp og kroppssammensetning for utvalg 2.....	47

Figuroversikt

Figur 1: Det lineære KH-forholdet	9
Figur 2: Formål.....	11
Figur 3: Effekt-hastighetsforholdet	14
Figur 4: Flytkart studiedesign.....	28
Figur 5: Keiser A300 benpress-apparatur (venstre) og startposisjon for benpress-testen (høyre)	31
Figur 6: Kastprofiler diskos.....	40
Figur 7: Kastprofiler slegge.....	40
Figur 8: Kastprofiler kule	41
Figur 9: Kastprofiler Liakov.....	41
Figur 10: Sammenheng mellom maksimal effekt i benkpress og kastlengde i diskos..	48
Figur 11: Sammenhengen mellom maksimal effekt i benpress og kastlengde i slegge.	49
Figur 12: Sammenhengen mellom maksimal kraft i benpress og kastlengde i kule	49
Figur 13: Sammenhengen mellom maksimal effekt i benpress og kastlengde i Liakov.	50
Figur 14: Spesifisitetkontinuumet.....	61
Figur 15: Sammenhengen mellom kastprofil i diskos og KH-profil i benpress.....	105
Figur 16: Sammenhengen mellom kastprofil i diskos og KH-profil i benkpress.....	105
Figur 17: Sammenhengen mellom kastprofil i slegge og KH-profil i benpress.....	106
Figur 18: Sammenhengen mellom kastprofil i kule og KH-profil i benpress	106
Figur 19: Sammenhengen mellom kastprofil i kule og KH-profil i benkpress	107
Figur 20: Sammenhengen mellom kastprestasjon og slopen til kastprofilen i slegge.	107

Forkortelser

CV%	Variasjonskoeffisient
DXA	Dual-energy X-ray Absorptiometry
F_0	Teoretisk maksimal kraft
ICC	Intraklasse korrelasjons koeffisient
KH	Kraft-hastighet
KH_{imb}	Kraft-hastighets-imbalansen
KH_{opt}	Teoretisk optimal KH-profil
KI	Konfidensintervall
L_0	Teoretisk maksimal lengde
M/s	Meter per sekund
N	Antall
N	Newton
NIH	Norges idrettshøgskole
N/m/s	Newton per meter per sekund
P_{max}	Teoretisk maksimal effekt
R	Korrelasjonskoeffisienten
RFD	Hvor hurtig kraftutviklingen stiger under en isometrisk kontraksjon
R^2	Forklart varians
S_{fv}	Slope force-velocity
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
T_0	Teoretisk maksimal tyngde
V_0	Teoretisk maksimal hastighet
W	Watt
1RM	1 repetisjons maksimum

Vedlegg

Vedlegg 1: Søknad til etisk komité.

Vedlegg 2: Figur 15: Sammenhengen mellom kastprofil i diskos og KH-profil i benpress.

Vedlegg 3: Figur 16: Sammenhengen mellom kastprofil i diskos og KH-profil i benkpress.

Vedlegg 4: Figur 17: Sammenhengen mellom kastprofil i slegge og KH-profil i benpress.

Vedlegg 5: Figur 18: Sammenhengen mellom kastprofil i kule og KH-profil i benpress.

Vedlegg 6: Figur 19: Sammenhengen mellom kastprofil i kule og KH-profil i benkpress.

Vedlegg 7: Figur 20: Sammenhengen mellom kastprestasjon og slopen til kastprofilen i slegge.

Vedlegg 1

Søknad om godkjenning fra lokaletisk komité ved Norges idrettshøgskole for prosjektet:

Kraft-hastighets-profiler hos kastere på nasjonalt og internasjonalt nivå

Søker: Gøran Paulsen, Førsteamanuensis ved Institutt for fysisk prestasjonsevne

Masterstudenter: Eirik Hole og Tor Ivar Landsverk

Innhold:

Side 2. Søknadsskjema

Side 11. Prosjektbeskrivelse

Side 21. Informasjonsskriv

Side 24. NSD-skjema (innsendt)

Side 29. Informasjon om DXA (til deltakere)

Side 30. Helsekjema (lagres ikke)

Skjema for søknad om godkjenning av forskningsprosjekt

Etisk komite for idrettsvitenskapelig forskning på mennesker – NIH 22102017

Retningslinjer for søknad til Etisk komite for idrettsvitenskapelig forskning på mennesker ved Norges idrettshøgskole må leses før utfylling av skjemaet. Søknadsskjemaet og vedlegg (se pkt 6) skal være pdf-dokumenter som sendes samlet som ett pdf-dokument innen angitt tidsfrist. Vedleggene skal nummereres i henhold til pkt 6 i skjemaet.

1. Generelle opplysninger

1.2 Forskningsansvarlig
<p>Prosjektleder har ansvar for den daglige ledelsen av forskningsprosjektet og skal ha nødvendige faglige kvalifikasjoner (hovedregel dr. grad eller tilsvarende) og erfaring i forskningsetikk, herunder personvern og informasjonssikkerhet.</p> <p>Navn: Gøran Paulsen</p> <p>Stilling: Førsteamanuensis</p> <p>Seksjon: Fysisk prestasjonsevne</p>

1.3 Prosjekttittel
<p>Norsk tittel Kortfattet, allment forståelig</p> <p>Kraft-hastighets-profiler hos kastere på nasjonalt og internasjonalt nivå</p> <p>Vitenskapelig tittel Gjerne engelsk, maksimalt 1000 tegn</p> <p>Force-velocity profiles of track and field throwers at national and international level</p>

1.4 Initiativtaker
<p>Hvem er initiativtaker til prosjektet?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Prosjektleder eller andre med ansettelse ved NIH</p> <p><input type="checkbox"/> Ekstern forsker/forskningsinstitusjon</p> <p><input type="checkbox"/> Myndighet, firma (Oppdragsforskning)</p>

1.5 Utdanningsprosjekt
<p>Er prosjektet del av en master eller doktorgrad?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ja</p> <p><input type="checkbox"/> Nei</p>

1.6 Prosjektmedarbeidere

Prosjektmedarbeidere er personer som bidrar med selvstendig vitenskapelig arbeid i et forskningsprosjekt

Navn	Stilling	Institusjon	Akademisk grad	Prosjektrolle
Paul Solberg	Fagansvarlig	Olympiatoppen	PhD	Medarbeider
Eirik Hole	Masterstudent	NIH/Olympiatoppen	Bsc	Medarbeider
Tor Ivar Landsverk	Masterstudent	NIH	BSc	Medarbeider
Gøran Paulsen	Førsteamanuensis	NIH/Olympiatoppen	PhD	Prosjektleder

1.7 Tidsramme for prosjektet

Prosjektstart er tidspunkt for inkludering av forskningsdeltakere og innsamling av data. Prosjektstutt er tidspunktet tillatelsen til å behandle personopplysninger går ut i henhold til NSD godkjenning. Styret ved NIH har vedtatt at forskningsdata skal lagres i 5 år etter prosjektstutt for etterprøvnbarhet og kontroll. Dette innebærer at du må angi en prosjektperiode som varer 5 år etter at prosjektet er avsluttet og at NSD har fått denne opplysningen i søknad og godkjent dette. Godkjenning fra NSD trenger ikke å foreligge, men søknad skal være sendt og kopi av NSD-søknad vedlegges.

Prosjektstart dato: 01.09.2020 (eller når godkjenning foreligger)

Prosjektstutt dato: 31.12. 2026

1.8 Samarbeid med utlandet

Har prosjektet noen form for samarbeid med utlandet?

- Ja
 Nei

1.9 Annet prosjekt med betydning for vurderingen

Er det noe annet prosjekt som kan ha betydning for vurderingen av det aktuelle prosjektet? F.eks. et hovedprosjekt eller delprosjekt

- Ja, angi tittel på prosjekt og hvor prosjektet er forankret (prosjektleder/institusjon)
 Nei

Prosjektet er en forlengelse av et større prosjekt: «Kraft-hastighetsprosjektet», der Gøran Paulsen er prosjektleder. Hovedprosjektet har etisk godkjenning fra lokaletisk komité ved Høgskolen i Innlandet, men ettersom det foreliggende prosjektet ikke involverer forskere ved Høgskolen i Innlandet og inkluderer andre metoder (intervju), søker vi etiske godkjenning ved NIH. Mer informasjon gis under 5.1.

2. Prosjektopplysninger

2.1 Oppsummering av forskningsprosjektet

Kort prosjektbeskrivelse

Hvilken ny kunnskap skal forskningen gi? Hvilken forskningsdesign og –metode skal brukes? Gi en allment forståelig og kortfattet beskrivelse av hvilke forskningsspørsmål prosjektet skal besvare og hvordan de skal besvares. Formålet med prosjektet må komme klart frem.

I idretter som krever stor og rask kraftutvikling må utøverne finne ut hva de skal prioritere i treningen. Skal de trene for å øke den maksimale styrken eller skal de trene for å bli hurtigere og bedre til å utnytte den kraften de har? Ved å gjennomføre såkalte kraft-hastighets-tester kan vi gjøre en vurdering av hva som begrenser utøveren mest, og dernest kan fokus rettes mot dette i treningsarbeidet. Kraft-hastighets-tester kan gjøres på flere måter og i forskjellige øvelser, men typisk gjøres det i knebøy/hopp med vekter eller i benkpress. Dette er generelle øvelser for de fleste utøvere, så et spørsmål som vi har stilt oss er om dette gir nødvendig informasjon, eller om kraft-hastighets-testene må være idrettsspesifikke. Kastere i friidrett (kule, diskos, spyd og slegge) er interessant i denne sammenheng, fordi de er godt vant med generelle tester og så er det enkelt å gjøre spesifikke tester med relevant redskap, f.eks. kuler med ulik tyngde for en kulestøter.

I dette prosjektet ønsker vi å undersøke sammenhengen mellom generelle og spesifikke kraft-hastighets-tester blant Norges beste kastere. Vi vil rekruttere fra junior- og senior-landslag. Utøverne vil gjennomføre flere generelle tester, som knebøy/hopp med vektbelastning, beinpress og benkpress, samt spesifikke tester med relevant redskap. Vår hypotese er at det er en (nummerisk) sammenheng mellom de generelle og spesifikke kraft-hastighets-testene.

Norge har i dag minst 5 utøvere på internasjonalt nivå, og derfor ønsker vi å se på hva de har hatt fokus på i treningsarbeidet fra ungdomsalder til senior. Data vil hentes inn via treningsdagbøker og intervju. Vi stiller spørsmål om måten de har trent på reflekteres i deres kraft-hastighets-tester; f.eks. vil en utøver som er hastighetsdominert være et resultat av fokus på hurtighet i treningen? Denne problemstillingen må besvares på deskriptiv måte og med kvalitative analyser av sammenhengen mellom hensikter og målsetninger i treningen og hva som kan tolkes ut fra kraft-hastighets-testene.

2.2 Forskningsdata

Sensitive personopplysninger? (Rasemessig eller etnisk bakgrunn, politisk, filosofisk eller religiøs oppfatninger, person mistenkt, siktet, tiltalt eller dømt for en straffbar handling, helseforhold, seksuelle forhold eller medlemskap fagforeninger)

- Ja
 Nei

Tidligere registrerte personopplysninger?

- Ja
 Nei

Nye personopplysninger

Personopplysninger som skal samles inn direkte fra studiepopulasjonen, ved f.eks. klinisk undersøkelse, intervensjon eller spørreskjema.

- Ja
 Nei

Humant biologisk materiale

Materiale som allerede er samlet inn eller som skal samles inn i prosjektet. Humant biologisk materiale er organer, deler av organer, celler og vev og bestanddeler av slikt materiale fra levende og døde mennesker.

- Ja
 Nei

2.3 Studiepopulasjonen

Antall forskningsdeltakere og styrkeberegning

Oppgi antall forskningsdeltakere i Norge og evt. I utlandet. Begrunn antallet/eventuelt valg av kjønn. Redegjør for styrkeberegning ved statistiske analysemetoder.

Vi vil rekrutter ca 30 utøvere på nasjonalt nivå og 5 utøvere på internasjonalt nivå. Dette er realistisk med utgangspunkt i antall tilgjengelig utøvere i Norge.

Analysen av treningshistorikken til utøverne på internasjonalt nivå vil være en kombinasjon av kvantifisering og en kvalitativ vurdering av hva som er gjort. Dette vil bli deskriptive kasus-studier som kan danne grunnlag for videre studier.

For null-hypotese-testing (NHST) antyder power-analysene at for å avdekke en korrelasjon (Pearson's r) mellom generell og spesifikk KH-profil med rimelig sikkerhet (80% power og 5% sannsynlighet for å feilaktig forkaste 0-hypotesen), behøves 85 deltakere ved en moderat korrelasjon ($r=0.3$) og 29 ved en stor korrelasjon ($r=0.5$) (Hulley, Cummings, S., Grady, Newman, 2013).

Ved å benytte Magnitude-Based Decisions (MBD) (Hopkins, 2010) vil det behøves henholdsvis 31 for å avdekke en moderat korrelasjon og 12 for en stor korrelasjon med 0.5% sannsynlighet for å gjøre en type 1 feil og 25% for en type 2 feil (Hopkins, 2020).

Beskrivelse av forskningsdeltakere/utvalg

Kryss av og beskriv hvorfor disse personene skal inkluderes

- Personer mellom 16 og 18 år
 Personer over 18 år
 Personer med redusert samtykkekompetanse
 Mindreårige under 16 år
 Andre personer i en sårbar eller avhengig situasjon
F.eks. innsatte i fengsel, soldater, ansatte, elever (Det kreves spesiell begrunnelse for å inkludere personer i en sårbar eller avhengig situasjon, fordi det for disse kan være vanskelig å ivareta prinsippet om frivillig deltakelse)

Beskrive under hvorfor disse personene skal inkluderes

Kastere i friidrett er ønskelig som forsøkspersoner, fordi de er vant på den type tester vi ønsker å undersøke. Videre har Norge nå utøvere på internasjonalt nivå som det er interessant å studere for å få kunnskap om hva som kreves for å nå dette nivået.

2.4 Forskningsmetode

Metode for analysering av data

- Statistiske (kvantitative) analysemetoder
- Fortolkende (kvalitative) analysemetoder

Metode for innhenting av data

- Fysiske tester (eks. opplæringsprogram, treningsprogram)
- Kliniske undersøkelser
- Andre intervensjoner over tid (eks. pre- post målinger)
- Spørreskjema
- Intervju
- Observasjon

2.5 Begrunnelse for valg av data og metode

Redegjør for den faglige og vitenskapelige begrunnelsen for valg av data og metode

Dette prosjektet har to hovedproblemstillinger.

1. Undersøke den numeriske sammenhengen mellom generelle og spesifikke kraft-hastighets-profiler. Vi velger her en tverrsnittstudie og vil teste sammenhengen med korrelasjonsanalyser. Årsak-virkning kan ikke fastslås med denne fremgangsmåten, men det synes om et rimelig første steg. Det vil være naturlig å følge opp funn i denne studien med en intervensjon. Testøvelsene som brukes anses som standardiserte og de har meget god reliabilitet, baserte på tidligere studier. Kvantitative, statistiske analyser som, Pearsons r , er hensiktsmessige for å teste hypotesen om en sammenheng mellom de generelle og spesifikke kraft-hastighets-profilene.
2. Er det sammenheng mellom historiske data, inkludert hensikter og målsetninger med trening og resultatene fra de generelle og spesifikke kraft-hastighets-testene. Denne problemstillingen vil angripes med en mer kvalitativ tilnærming. Vi vil intervju deltakerne og la dem fortelle fra sin trening, fra ungdomsårene til i dag. Resultatene fra intervjuene vil presenteres med en kombinasjon av kvantitativ og kvalitative analyser.

Målinger av kroppssammensetning (DXA) og antropometri (kroppshøyde, armlengde, etc) er relevant som bakgrunnsdata for å beskrive utøverne.

3. Informasjon, samtykke og personvern

3.1 Samtykke vil bli innhentet

Hvis ja må Informasjonsskriv legges ved. Samtykket til deltakelse i forskning skal som hovedregel være informert, frivillig, uttrykkelig og dokumenterbart. Forespørsel om deltakelse og samtykkeerklæring skal utformes i samsvar med mal for informasjonsskriv. Lenker til maler for informasjonsskriv finner du på REK/NSDs sine hjemmesider. Det skal opplyses om at forskningsdata vil bli lagret i 5 år for etterprøvnbarhet og kontroll.

- Ja
 Nei

3.2 Samtykke er allerede innhentet

Hvis ja må tidligere godkjent informasjonsskriv legges ved.

- Ja
 Nei

3.3 Det søkes om fritak fra kravet om å innhente samtykke

- Ja
 Nei

4. Avveining av nytte og risiko ved prosjektet

4.1 Fordeler

Styrketrening er en avgjørende treningsmetode for nesten alle idrettsutøvere, og kunnskap om hva som er mest effektivt for å øke prestasjonsevnen må ansees som nyttig.

Det er en velbrukt metode å se på hva de beste gjør i treningen. Dette finnes mye litteratur om f.eks. utholdenhetsutøvere, men langt mindre om kraftutøvere og særlig kastere i friidrett. I denne studien ønsker vi beskrive ressurser og treningsmetoder som blir/har blitt brukt av norske kastere på internasjonalt nivå, slik at veien for nye, unge talenter kan bli litt kortere eller enklere.

For den enkelte kaster kan resultater fra kraft-hastighets-testene og intervjuene hjelpe dem i det videre treningsarbeidet.

4.2 Ulemper

Angi fysisk, psykisk, sosial og/eller praktisk risiko/skade/ubehag/belastning/uleilighet nå eller i fremtida for den enkelte pasient/deltaker, grupper av personer, samfunnet og/eller miljø

Den store ulempen med denne studien er at utøverne må sett av tid til testing. Det er alltid en viss risiko ved fysiske tester, men testene som vil benyttes her er utøverne allerede godt kjent med gjennom egen trening og testing, og anses derfor ikke som mer risikofyllt enn egen trening/testing. Kyndig personell vil være tilstede for å sikre utøverne under testene.

Det gis en stråledose ved DXA-skanningene, men her benyttes det kun fullkroppsskann med svært lav dose (i motsetning til skanninger av rygg og hofter) – Norske toppidrettsutøvere tilknyttet Olympiatoppen gjør typisk 1-4 slike skanninger per år. Et eget informasjonsskriv (utviklet av Olympiatoppen) om DXA gis til deltakerne (se vedlegg).

Vi inkluderer utøvere på internasjonalt nivå i denne studien. Disse utøverne er profilerte i media og gjør disse deltakerne ekstra utsatt for å kunne bli identifisert, selv om data er avidentifisert. Vi vil gjøre utøverne oppmerksom på dette i informasjonsskrivet/samtykke og muntlig.

Vi ser ingen potensielle ulemper for samfunn og miljø.

4.3 Tiltak

Redegjør for tiltak for å ivareta og beskytte deltakerne i forskningsprosjektet og for å begrense mulig risiko/ulempe. Diskuter beredskap ved uventede hendelser og uventede funn der dette er aktuelt. Tiltak for å ivareta og beskytte deltakere i prosjektet kan for eksempel være, styrking av samtykkekompetanse, ekstra beskyttelse av deltakere i en sårbar eller avhengig situasjon, sikring av konfidensialitet ved kvalitative metoder og lite antall deltakere, eksklusjonskriterier, klinisk forundersøkelse, beredskap, interimanalyser eller oppfølging av deltakere.

Vi vil kun rekruttere friske, unge personer, uten skader som vil hemme med under tester og trening. Med hver deltaker vil vi gå gjennom et «helseskjema» (se vedlegg), men disse data vil ikke lagres. Ved tvil om egnet helse vil en legeundersøkelse utføres før deltakelse (fastlege eller lege ved Olympiatoppen).

All testing vil skje under tilsyn og sikring. Fysioterapeut/lege med tilknytning til Olympiatoppen kunne tilkalles på kort varsel ved eventuelle skader.

De profilerte utøverne på internasjonalt nivå kan være identifiserbare uten direkte identifiserbare informasjon. Vi informerer om denne risikoen i informasjonsskrivet/samtykket samtidig som vi opplyser om dette muntlig. Vi vil også gi deltakerne mulighet til å lese igjennom manuskripter før publikasjon, slik at de har mulighet til å be om endringer eller å trekke sitt samtykke.

Treningsdagbøker og annet skriftlig materiale vi vil få fra utøverne vil kopieres og digitaliseres etter at alle navn og direkte personidentifiserbar informasjon er slettet/sladdet.

4.4 Forsvarlighet

Hvorfor er det forsvarlig å gjennomføre prosjektet? Gi en begrunnet avveining av fordelene og ulempene ved forskningsprosjektet.

Antatt lav risiko og relativt få ulemper overveies av fordelene i denne studien, er vår oppfatning. Kast i friidrett er en idrett som har fått lite oppmerksomhet i forskning, dette gjelder særlig forskning på norske utøvere. Vi tror dette er utøvere vi kan lære mye av og anser prosjektet som forsvarlig.

5. Vurdering av andre instanser og interesser

5.1 Vurdering av andre instanser

Det skal som hovedregel ikke sendes søknad til REK og NIHs etiske komite samtidig. I de tilfeller søknad er sendt til REK, vil etisk komite avvende behandling av søknaden inntil det foreligger et REK vedtak. Er det tvil om prosjektet skal behandles av REK i henhold til Helseforskningsloven, skal skjemaet for fremleggelsesvurdering sendes inn til REK. REK sitt svar på fremleggelsesvurderingen/vedtak fra REK skal vedlegges søknaden

Er det sendt søknad til REK?

- Ja
 Nei

Vurdering av andre instanser skal vedlegges hvis det anses relevant for søknaden.

Prosjektet har blitt vurdert/skal vurderes av:

Denne studien er en arm i et større prosjekt: «Kraft-hastighetsprosjektet» eller «Testing av styrke, hastighet og power». Kraft-hastighetsprosjektet ble igangsatt av Olympiatoppen (Norges idrettsforbund) av prosjektleder Gøran Paulsen (ansatt ved Olympiatoppen på dette tidspunktet). Olympiatoppen innledet samarbeid med Norges idrettshøgskole, Universitetet i Agder, Høgskolen i Innlandet, Universitetet i Bergen, Høgskolen i Østfold og NTNU. Kraft-hastighetsprosjektet ble godkjent av lokaletisk komité ved Høgskolen i Innlandet i 2017.

I studien det nå søkes godkjenning for har vi lagt til idrettsspesifikke kast-tester og innsamling av treningsdata (historiske data/intervju) fra utøvere på internasjonalt nivå. Det som ble godkjent i hovedprosjektet (Kraft-hastighetsprosjektet) omfatter alle de generelle testene (knebøy/hopp med vektbelastning, beinpress, DXA, etc.). Den foreliggende studien bygger vitenskapelig på Kraft-hastighetsprosjektet, men er helt uavhengig i etisk sammenheng. Studien kunne blitt gjort etter en endringsmelding til lokaletisk komite ved Høgskolen i Innlandet, men ettersom prosjektleder, Gøran Paulsen, nå er ansatt ved Norges idrettshøgskole, syntes det best å søke om en godkjenning fra NIHs lokaletiske komité.

Den foreliggende studien har ingen medisinske- eller helse-relevante problemstillinger, så derfor vurderer vi den klart utenfor REKs mandat.

5.2 Interesser

Finansieringskilder

Hvem finansierer prosjektet? Ved oppdragsforskning skal økonomisk avtale vedlegges eller ettersendes studien er finansiert med egne midler.

Kompensasjon til forskningsdeltakere

Eventuell kompensasjon for utgifter, tapt arbeidsfortjeneste, tidsbruk, ulempe eller annet

Nei

Eventuelle interessekonflikter for prosjektleder/-medarbeidere

Det skal redegjøres for eventuelle bindinger til oppdragsgiver, eierinteresser, styreverv, aksjeinteresser

Nei

6. Vedlegg

Hvert vedlegg skal være et pdf-dokument som nummereres som følger:

Vedlegg 1 Forskningsprotokoll/Prosjektplan

Vedlegg 2 Samtykkeskriv

Vedlegg 3 Søknad NSD, Ev godkjenning fra NSD hvis denne foreligger

Vedlegg 4 Spørreskjema hvis aktuelt

Vedlegg 5 CV for prosjektleder hvis ikke ansatt ved NIH

Vedlegg 6 Ev korrespondanse med REK (svar på fremleggesskjema/vedtak om at prosjektet falt utenfor Helseforskningsloven) Kun aktuelt dersom prosjektleder har vært i tvill om/ment at prosjektet faller innenfor Helseforskningsloven.

Vedlegg X Annen dokumentasjon og opplysninger som er nødvendig for å få en full forståelse for søknaden
Søknadsskjema og vedlegg (i pdf-format) skal samles i ett pdf-dokument for innsendelse

7. Ansvarserklæring

Jeg erklærer at prosjektet vil bli gjennomført

- I henhold til gjeldende lover, forskrifter og retningslinjer
- I samsvar med opplysninger gitt i denne søknaden
- I samsvar med eventuelle vilkår for godkjenning gitt av NIHs etiske komite, NSD og ev andre godkjenningsinstanser

Kraft-hastighets-profiler hos kastere på nasjonalt og internasjonalt nivå

Introduksjon

I mange idretter kreves det både stor styrke og hurtighet, fordi det handler om å gjøre et arbeid (kraft x vei) så raskt som mulig; med andre ord der er viktig å oppnå høy «power» eller effekt (arbeid/tid; W). Styrketrening blir ofte brukt av idrettsutøvere med den hensikt å øke evnen til utvikling av power. Utfordringen ligger i å vite hva slags type styrketrening som skal prioriteres: Tung styrke med trege bevegelser, eller «eksplosiv» trening med lettere vekter og raske bevegelser? I denne sammenhengen har det blitt populært å etablere en kraft-hastighet-profil (KH-profil) for den enkelte utøver (Jimenez-Reyes, Samozino, Brughelli, & Morin, 2016). Denne profilen skal kunne si noe om hvilke av egenskapene, kraft eller hastighet, som er dominerende for power og derfor betydningsfull for hvordan treningen burde være for videre utvikling.

KH-profiler antas å basere seg på grunnleggende egenskaper i muskelen, nemlig at det er et invert forhold mellom kraft og forkortningshastighet (Alcazar, Csapo, Ara, & Alegre, 2019). Dette forholdet er igjen sterkt avhengig av fibertypesammensetningen i muskelen, fordi type-2-fibre er raskere enn type-1-fibre (Fitts & Widrick, 1996). For en isolert muskel er KH-forholdet kurvelineært (hyperbolsk), men på grunn av ulike biomekaniske forhold blir KH-forholdet lineært for flerleddsbevegelser, som knebøy, beinpress og benkpress (Alcazar et al., 2019; Zatsiorsky & Kraemer, 2006).

For å etablere en KH-profil, måler man kraft og hastighet ved maksimal innsats på forskjellige motstander (fra bare kroppsvekt til over 100 kg – avhengig av utøverens styrke) (Garcia-Ramos, Feriche, Perez-Castilla, Padiá, & Jaric, 2017). For idrettsutøvere benyttes gjerne knebøy/hopp med ekstra motstand. Basert på dataene kan man lage en lineær regresjonslinje og ekstrapolere den teoretiske maksimale kraften (F_0) (kraft ved ingen hastighet) og den teoretiske maksimale hastigheten (V_0) (hastighet ved ingen kraft). Teoretisk maksimal power kan estimeres ved $(F_0 \cdot V_0)/4$ og stigningstallet til KH- profilen (altså regresjonslinja) som F_0/V_0 (Lindberg et al., 2020).

Selv om knebøy/hopp med ekstra motstand og benkpress er relevant for mange utøvere, er det likevel ikke helt idrettsspesifikt. Kastere (i friidrett) trener mye knebøy og benkpress, men det er kast eller støt som er selve idrettsbevegelsen. Det er i dag gjort få studier som ser på hvor spesifikke KH-profil-testene må være for å kunne gi nyttig informasjon til hvordan en utøver bør trene. Er det nok å teste i generelle øvelser der man bruker relevante muskler, eller må også selve bevegelsesmønstret

være spesifikt? For å undersøke dette er kastere i friidrett en interessant utøvergruppe, fordi de aller fleste trener og tester i øvelser som kan brukes for både generelle og spesifikke KH-profil-tester. Kast (støt) i friidrett er ballistiske bevegelser, som betyr maksimal innsats for å akselerere en masse så mye som mulig i løpet av kastbevegelsen (Samozino, Rejc, Di Prampero, Belli, & Morin, 2012). Hastigheten redskaperen (diskosen, sleggen, spydet eller kulen) har i frigjøringsfasen er avgjørende for prestasjonen (i tillegg kommer utgangshøyde og utgangsvinkel). Utfordringen ligger altså i å finne balansen mellom å utvikle kraft (maksimal styrke) og hurtighet. Ved å kaste med redskaper med ulik masse, vil man altså kunne etablere et KH-forhold i selve kastøvelsene (Zatsiorsky & Kraemer, 2006)

For å forbedre KH-profilen foreslår Zatsiorsky & Kraemer (2006) 4 forskjellige treningsmetoder:

- A) Uerfarne utøvere bør forbedre hele kurven ved variert trening (en parallellforskyvning av hele kraft-hastighetsforholdet)
- B) Trening med tung motstand og lav hastighet, skal forbedre prestasjonen i kast av tyngre redskaper.
- C) Trening med lav motstand og høy hastighet, skal forbedre prestasjonen i kast av lettere redskaper.
- D) Trening på moderate vekter med moderate hastigheter (midt imellom) skal gi en mer lineær profil (noe forbedring på standardvekten)

B og C tar utgangspunkt at man skal trene den "svakere" egenskapen for å i størst grad påvirke standardvekten positivt. Denne måten å individuelt tilpasse treningsprogram basert på KH-profiler har gitt positive resultater i prestasjonen i vertikale spenstopp (Jimenez-Reyes, Samozino, Brughelli, & Morin, 2017; Jimenez-Reyes, Samozino, & Morin, 2019). Om disse treningsmetodene gjelder i for spesifikke idretter (f.eks. kast) er uvisst.

I dette samarbeidsprosjektet mellom Olympiatoppen og Norges idrettshøgskole ønsker vi å beskrive KH-profilene til Norges beste kastere i friidrett. Vi ønsker å sammenlikne generelle KH-profiler fra knebøy/hopp med ekstra motstand, beinpress og benkpress-kast med idrettsspesifikke KH-profiler (kast med spesifikt redskap). Det er interessant å sammenlikne generelle og spesifikk KH-profiler, for det vil og oss kunnskap om man skal ha samme fokus i den generelle, ressurs-treningen og i den idrettsspesifikke treningen. Videre ønsker vi å følge utøverne gjennom en sesong for å se om KH-profilene endres med hva som prioriteres i trening og selve idrettsprestasjonen. Vi ønsker også å kartlegge hvordan utøverne har trent fra de var yngre, hva de har prioritert i treningsarbeidet, for å se om dette reflekteres i KH-profilene.

I denne studien har vi følgende hypoteser:

1. Undersøke den numeriske sammenhengen mellom generelle og spesifikke KH-profiler hos norske kastere på høyt nasjonalt og internasjonalt nivå. Vi velger her en tverrsnittstudie og vil teste sammenhengen med korrelasjonsanalyser (Pearsons r). Vår hypotese er at det er en sammenheng mellom generelle og spesifikke KH-profiler.
2. Er det sammenheng mellom historiske data, inkludert hensikter og målsetninger med trening og resultatene fra de generelle og spesifikke KH-testene hos norske kastere på høyt nasjonalt og internasjonalt nivå. Siden det kan være vanskelig å kvantifisere nyansene i dette vil denne problemstillingen primært bli besvart via kvalitative analyser, fortolkning av intervju-spørsmål og svar.

METODE

Design

Denne studien er en tverrsnittstudie. Utøverne vil gjennomføre generelle og spesifikke kraft-hastighets-tester, som beskrevet under. Hver utøver vil testes 2-6 ganger slik at vi er trygge på at resultatene er representative for de egenskapene vi ønsker å undersøke, det vil si kraft-hastighetsforholdet i generelle (knebøy og benkpress) og spesifikke kastøvelser. Testseansene vil primært forgå under landslagssamlinger. Samtidig vil vi samle inn resultater fra konkurranser i samme periode (offentlig tilgjengelig data). Vi vil også innhente retrospektive data. Dette vil være konkurranseresultater og treningsdagbøker. Informasjonen i treningsdagbøkene vil suppleres med intervjuer av utøverne.

Endelig vil vi gjøre antropometriske mål (høyde, armlengde, osv.) og undersøke kroppssammensetningen (DXA, se under) til utøverne. Dette vil være bakgrunnsdata for å beskrive utøverne og informasjon om de grunnleggende forutsetningene for KH-profilene.

Denne studien vil være todelt ved at ett fokus er på statistiske sammenhenger mellom KH-test-resultatene og ett fokus er på treningshistorikk. Studiet av treningshistorikk vil kvantifiseres (deskriptive fremstillinger av treningsmengde, etc.), men det må også legges til grunn en kvalitativ vurdering, fordi vi forventer at det kan bli vanskelig å direkte sammenlikne data mellom utøverne.

Forsøkspersoner

Vi vil rekruttere blant Norges nåværende beste kastere i diskos, kule og slegge (evt. også spyd). Vi planlegger å teste ca 35 utøvere, der 4-5 utøvere holder internasjonal standard. Vi vil rekruttere utøvere ned til 16 år for å kunne oppnå ønske antall utøvere.

Statistisk sett vil antall forsøkspersoner i en denne studien bli relativt lavt, da det begrenses av antall tilgjengelig utøvere. Vi har på den annen side gjort en rekke studier med de anvendte KH-testene, så vi kjenner godt til måleusikkerhet og vi har et stort sammenlikningsgrunnlag fra andre utøvere (Lindberg et al., 2020). Vi vil vurdere muligheten til å teste utøvere i andre nordiske land etter å ha gjennomført denne studien på norske utøvere (en videreføring som kan tidligst igangsettes i 2021).

For null-hypotese-testing (NHST) antyder power-analysene at for å avdekke en korrelasjon (Pearson's r) mellom generell og spesifikk KH-profil med rimelig sikkerhet (80% power og 5% sannsynlighet for å feilaktig forkaste 0-hypotesen), behøves 85 deltakere ved en moderat korrelasjon ($r > 0.3$) og 29 ved en stor korrelasjon ($r > 0.5$) (Hulley, Cummings, S., Grady, & Newman, 2013).

Ved å benytte Magnitude-Based Decisions (MBD) (Hopkins, 2010) vil det behøves henholdsvis 31 for å avdekke en moderat korrelasjon og 12 for en stor korrelasjon med 0.5% sannsynlighet for å gjøre en type 1 feil og 25% for en type 2 feil (Hopkins, 2020).

Datainnsamling

Retrospektivt

Treningsdagbøker vil analyseres for type (mengde og intensitet/motstand) trening i forskjellige kategorier, som beskrevet av Zatsiorsky og Kraemer (2006) og Shaw et al. (2020).

Basert på treningsdagbøkene vil det gjennomføres et intervju for utfyllende informasjon om treningen og hensikten til treningen (se vedlegg 1. for intervjuguide). Det er særlig utøvernes oppfattelse av hva de mener har vært viktige aspekter i treningen for utviklingen over tid.

Historiske kraft- / hastighet - tester / konkurransedata samles inn fra database på Olympiatoppen, personlige registrerte resultater og fra friidrettsforbundets statistikk

<http://www.minfriidrettsstatistikk.info/>

KH – profiler

Spesifikke KH-tester

Den idrettsspesifikke profilen vil testes i grenen utøveren konkurrerer i, etter Friidrettsforbundets regelverk. Det vil gjennomføres 2-3 runder med testing for tilvenning.

Kasterne vil kaste med sin nåværende konkurransevekt (redskap) i midten og 2 på hver side av profilen. Eksempelvis vil senior kulestøtere og sleggekastere benytte redskap på 5, 6, 7.26, 8 og 9 kg, mens diskoskastere kaster diskos på 1.5, 1.75, 2, 2.25 og 2.5 kg. Distanse måles med måleband og lengste resultat for hver motstand blir registrert. Det vil gis 3 kast på hver vekt og pausen mellom forsøkene vil være 2-5 min.

Liakov-kast

En mer generell kastspesifikk profil vil testes med distanse kastet i Liakov. Kast over hodet med ryggen mot kastretning med økende belastning. Belastningsprotokollen for profilen for seniorutøvere er 5, 6, 7.26, 8 og 9 kg i randomisert rekkefølge. Det blir gitt 3 forsøk pr. motstand, distanse måles med måleband og lengste resultat for hver motstand blir registrert. Denne øvelsen er godt innarbeidet blant kastere i alle grener og er derfor det nærmeste man kommer en felles spesifikk KH-test.

Generelle KH-tester

Svikthopp gjøres med en protokoll med økende belastning med fri stang og vektskiver (Eleiko group AB, Halmstad, Sweden) på 0.1 (kosteskraft), 20, 40, 60, 80 og 100 kg. Forsøkspersonen blir instruert til holde hender i hoftefeste under hopp. Det gis opptil 3 godkjente forsøk på hver belastning, og beste resultat for hver belastning registreres. Kraft og hastighet i hvert enkelt hopp måles av en kraftplattform (AMTI, SG-9, Advanced Mechanical Technologies, Newton, MA) med tilhørende programvare (Force Decks, Vald performance Pty Ltd, Brisbane, Australia).

Sittende benpress med økende belastning gjøres i en Keiser A300 horizontal leg press dynamometer (Keiser sport, Fresno, CA). Resultatene blir hentet ut av en tilhørende programvare som baserer seg på en 10-repetisjons test med økende belastning basert på forsøkspersonens 1-RM resultat. 1 RM resultatet blir testet på et tidligere tidspunkt. Seteposisjon blir tilpasset individuelt med mål at femur skal være vertikalt, noe som tilsvarer en kneleddvinkel på 80°-90°. Forsøkspersonen instrueres til strekke ut begge ben med maksimal innsats i hver repetisjon.

Benkpress med økende belastning (Eleiko group AB, Halmstad, Sweden). Belastningsprotokollen starter på 40 kg og øker med 20kg til 1RM er oppnådd eller hastighet på stangen er lavere enn 0,4 m/s. Hastigheten måles med lineær enkoder (Muscle lab; Ergotest AS, Porsgrunn, Norway).

Forsøkspersonen instrueres til å utføre hvert enkelt løft med maksimal innsats. Det gis opptil 3 forsøk pr motstand og beste resultat blir registrert.

Kroppssammensetning

Muskelmasse måles i et Dual x ray absorptiometry (DXA) apparat (Lunar iDXA, GE Healthcare, Madison, WI). etter standard prosedyrer ved Olympiatoppen (se vedlegg 2).

Kroppsmål

Kroppshøyde, armspenn, beinlengde, etc. gjøres etter ISAK-retningslinjer (Norton, 2018)

Tidsplan

Rekruttering av forsøkspersoner vil foregå fortløpende og testingen vil starte i oktober 2020. Deretter vil det testes under 2-3 samlinger fram til februar/mars (konkrete datoer er ikke fastsatt). Dette vil gi datagrunnlag for masterstudentene i prosjektet. Prosjektet vil likevel holde frem til høsten 2021. Data-analyser vil gjøres underveis og studien vil kunne publiseres våren 2022.

Etikk

Det vil søkes godkjenning av lokal etisk komite ved Norges idrettshøgskole og Norsk senter for forskningsdata (NSD). Helsinki-deklarasjonen og Vancouver-reglene (www.etikkom.no) vil bli etterlevd.

Denne studien vil involvere informasjon om få idrettsutøvere på høyt nasjonalt og internasjonalt nivå, og derfor er det sannsynlig at de kan bli gjenkjent selv om de er aidentifisert.

Forsøkspersonene vil informeres om dette før de samtykker til deltagelse i studien. Alle må gi skriftlig samtykke før deltagelse og de kan når som helst trekke seg fra studien.

Studien innebærer fysiske tester som alltid gir en viss skaderisiko, men dette er øvelser utøverne er kjent med fra egen trening. Vi vurderer derfor ikke risikoen for skader og uhell å være større enn når utøverne gjennomfører sin vanlige trening.

Denne studien er en arm i et større prosjekt: «Kraft-hastighetsprosjektet» eller «Testing av styrke, hastighet og power». Kraft-hastighetsprosjektet ble igangsatt av Olympiatoppen (Norges idrettsforbund) av prosjektleder Gøran Paulsen (ansatt ved Olympiatoppen på dette tidspunktet). Olympiatoppen innledet samarbeid med Norges idrettshøgskole, Universitetet i Agder, Høgskolen i Innlandet, Universitetet i Bergen, Høgskolen i Østfold og NTNU. Kraft-hastighetsprosjektet ble godkjent av lokaletisk komité ved Høgskolen i Innlandet i 2017.

Medarbeidere

Eirik Hole, Masterstudent ved Norges idrettshøgskole

Tor Ivar Landsverk, Masterstudent ved Norges idrettshøgskole

Paul Solberg, PhD, fagansvarlig Kraft/styrke Olympiatoppen (veileder)

Gøran Paulsen, PhD, 1. amanuensis ved Norges idrettshøgskole (Prosjektleder/veileder)

REFERANSER

- Alcazar, J., Csapo, R., Ara, I., & Alegre, L. M. (2019). On the Shape of the Force-Velocity Relationship in Skeletal Muscles: The Linear, the Hyperbolic, and the Double-Hyperbolic. *Front Physiol*, *10*, 769. doi:10.3389/fphys.2019.00769
- Fitts, R. H., & Widrick, J. J. (1996). Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exerc Sport Sci Rev*, *24*, 427-473.
- Garcia-Ramos, A., Feriche, B., Perez-Castilla, A., Padial, P., & Jaric, S. (2017). Assessment of leg muscles mechanical capacities: Which jump, loading, and variable type provide the most reliable outcomes? *Eur J Sport Sci*, *17*(6), 690-698. doi:10.1080/17461391.2017.1304999
- Hopkins, W. G. (2010). Linear models and effect magnitudes for research, clinical and practical applications. *Sportscience*, *14*, 49-59.
- Hopkins, W. G. (2020). Sample-size Estimation for Various Inferential Methods. *Sportscience*, *24*, 17-27.
- Hulley, S. B., Cummings, S. R., S., B. W., Grady, D., & Newman, T. B. (2013). *Designing clinical research* (4 ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2016). Effectiveness of an Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling during Jumping. *Front Physiol*, *7*, 677. doi:10.3389/fphys.2016.00677
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling during Jumping. *Front Physiol*, *7*, 677. doi:10.3389/fphys.2016.00677
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., & Morin, J. B. (2019). Optimized training for jumping performance using the force-velocity imbalance: Individual adaptation kinetics. *PLoS One*, *14*(5), e0216681. doi:10.1371/journal.pone.0216681
- Lindberg, K., Solberg, P., Bjørnsen, T., Helland, C., Rønnestad, B., Frank, M. T., . . . Paulsen, G. (2020). Force-velocity profiling in well-trained and elite athletes: Reliability and agreement across methods. *"In review"*.
- Norton, K. (2018). Standards for Anthropometry Assessment (pp. 68-137).
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: citius or fortius? *Med Sci Sports Exerc*, *44*(2), 313-322. doi:10.1249/MSS.0b013e31822d757a
- Shaw, M. P., Andersen, V., Saeterbakken, A. H., Paulsen, G., Samnøy, L. E., & Solstad, T. E. J. (2020). Contemporary Training Practices of Norwegian Powerlifters. *J Strength Cond Res*. doi:10.1519/JSC.0000000000003584
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and Practice of Strength Training* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Vedlegg 1.

Intervjuguide for prosjektet:

Kraft-hastighets-profiler hos kastere på nasjonalt og internasjonalt nivå

Bakgrunn:

Alder?

Idrettsgren?

Hvor lenge har du holdt på med friidrett?

Hva trente du når du var yngre? (Andre idretter, type trening)

Hvordan trente du når du var ung (frem til 16 år)? Hva ble vektlagt?

- Spent?
- Løp?
- Kast?
- Annen idrett?

Hvor lenge har du bare fokusert på den ene grenen?

Hvilke egenskaper i deg gjør at du er så god i din idrett?

- Tekniske?
- Fysiske?
- Evne til å utvikle stor kraft?
 - o Generelt/spesifikt
- Evne til å oppnå stor hastighet?
 - o Generelt/spesifikt

Hvilken type kaster er du?

- (Kraft, hastighet, midt imellom, teknisk)?

Treningsarbeidet (holder oss til temaet kraft – hastighet)

Fører du treningslogg?

- Detaljert?
- Når begynte du å føre treningslogg?

Hvordan har du trent for å nå ditt nivå?

Spesifikt:

- Egenskaper du allerede er god på?
- Egenskaper du ikke er så god på?

Generelt (fysisk trening):

- Egenskaper du allerede er god på?
- Egenskaper du ikke er så god på?

Hvor stor andel av treningen vil du si har vært kraftspesifikk?

Hvor stor andel av treningen vil du si har vært hastighets-spesifikk?

Hvordan trener du nå for å videreutvikle deg?

- Egenskaper du allerede er god på?
- Egenskaper du ikke er så god på?

Hvordan har innholdet i treningen endret seg over tid? (hypertrofi, reps, øvelser)

Vil du delta i forskningsprosjektet: «Kraft-hastighets-profiler hos kastere på nasjonalt og internasjonalt nivå»?

Dette er en forespørsel til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke sammenhengen mellom generelle og spesifikke kraft-hastighets-profiler og hvordan trening over tid (fra ungdomsårene) har påvirket disse profilene. I dette skrivet gir jeg deg informasjon om hensikten med prosjektet og hva deltakelse som forsøksperson vil innebære for deg.

HENSIKT OG FORMÅL

Styrketrening blir ofte brukt for å øke evnen til utvikling av effekt («power») hos idrettsutøvere. For mange kan det være utfordrende å vite hva slags type styrketrening de skal prioritere i treningen for å oppnå dette. I denne sammenhengen har det blitt mer og mer populært å etablere en kraft-hastighet-profil for den enkelte utøver. Denne profilen skal kunne si noe om hvilke av egenskapene, kraft eller hastighet, som er dominerende for «power», og dermed kan profilen brukes til si noe om hva som bør prioriteres i treningen.

Kulestøt, diskos, og sleggekast er friidrettsøvelser der evnen til å genere ekstrem høy «power» er avgjørende for prestasjonen. Det interessante med kast som øvelse er at det går an å gjøre spesifikke kraft-hastighets-profiler i øvelsen, ved at utøverne kaster med redskap med forskjellig tyngde. Generelle kraft-hastighets-profiler baseres på knebøy/hopp med vektbelastning og benkpress. Det vi ønsker å undersøke i denne studien er om det er sammenheng mellom kraft-hastighets-profilene fra generelle og spesifikke tester.

Den andre problemstillingen i denne studien går på spørsmålet om trening, det vil si treningsmetodikk og fokus på kraft eller hastighet i treningen, gjenspeiles i kraft-hastighets-profilene. For å besvare dette ønsker vi tilgang til dine treningsdagbøker og å intervjuer deg.

INKLUSJONSKRITERIER

For å delta i denne studien må du være kulestøter, diskoskaster eller sleggekaster på høyt nasjonalt eller internasjonalt nivå (mann eller kvinne). Du kan ikke ha sykdom eller skader som forhindrer deg i å gjennomføre de fysiske testene.

HVA INNEBÆRER DELTAKELSE I STUDIEN

Denne studien innebærer at du lar deg teste ved 2-6 anledninger i løpet av det neste året. Testingen vil primært bli gjort i forbindelser med landslagssamlinger. Testene består av kast-tester med kule/diskos/slegge, avhengig av spesialøvelse. Den spesifikke kraft-hastighets-profilen krever kast med både lettere og tyngre redskap en konkurransevekt. Alle vil også teste i «Liakov». I de generelle testene vil være knebøy/hopp med vektbelastning, beinpress og benkpress. Alle testene kan gjennomføres på 1-2 dager og tar totalt 2-4 timer.

Vi vil også gjøre en måling av kroppssammensetningen din (DXA¹) og måling av høyde, armlengde og beinlengde.

I den andre delen av studien vil vi intervju deg om treningen din. Vi ønsker å få vite hva som har vært målsetningen med måten du har trent på. Dette intervjuet vil ha en varighet på 1-2 timer. Vi ønsker også å få tilgang til dine treningsdagbøker eller skriftlige trenings-planer/-programmer.

FORDELER OG ULEMPER MED DELTAGELSE SOM FORSØKSPERSON

Ved å bli med i denne studien vil du få et innblikk i idrettsforskning, og du får personlige resultater fra vitenskapelige og fysiologiske tester som normalt ikke er tilgjengelig for deg.

Deltakelse som forsøksperson vil kreve tid, og gjennomføringen av testene kan oppleves som både fysisk og mentalt anstrengende. Det vil bli gjennomført en DXA-skanning som estimerer din kroppssammensetning ved bruk av røntgenstråler. Eksponeringen med røntgenstråling er meget lav, det vil si 0,02-1,5 mrem for en total kroppsskanning. Til sammenlikning tilsvarer strålingen fra en transkontinental flytur 4-6 mrem, mens en tradisjonell røntgenundersøkelse gir 25-270 mrem.

Hvis du er en utøver som er profilert i media, vil det være større enn normal risiko for at du kan bli gjenkjent i datamateriale som blir publisert, basert på informasjon som kjønn, høyde, vekt og idrettsprestasjoner (all data er avidentifisert, se under). Av denne grunn vil du i publiseringprosessen av vitenskapelig artikler få mulighet til å lese gjennom manuskriptene før publisering. Du kan da kreve endringer eller trekke ditt samtykke for å hindre publisering av dine resultater.

HVA SKJER MED OPPLYSNINGENE OM DEG?

Opplysningene som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med prosjektet. Du har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert. Du har også rett til å få innsyn i sikkerhetstiltakene ved behandling av opplysningene.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjenne opplysninger (avidentifisert). En tallkode knytter deg til dine opplysninger gjennom en navneliste. Det er kun forskerne i prosjektet som har tilgang til denne listen. Prosjektet vil avsluttes 31.12.2021, men av dokumentasjonshensyn oppbevarer vi opplysningene dine til 31.12.2026. Opplysningene dine lagres elektronisk hos Norges idrettshøgskole, og bare forskerne i prosjektet har tilgang. Den 31.12.2026 anonymiseres opplysningene ved at navnelisten destrueres.

¹ DXA: dual-energy x-ray absorptiometry

FRIVILLIG DELTAKELSE

Det er frivillig å delta i studien og du kan når som helst trekke deg fra studien uten å oppgi noen grunn. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

GODKJENNINGER

Prosjektet gjennomføres etter vurdering og godkjenning fra lokal-etisk komité ved Norges idrettshøgskole. Prosjektet er meldt til Norsk senter for forskningsdata (NSD). Norges idrettshøgskole er ansvarlig forskningsinstitusjon og prosjektleder er Gøran Paulsen (se under). Vi behandler opplysningene basert på ditt samtykke. Du har rett til å klage på behandlingen av dine personopplysninger til Datatilsynet og personvernombudet (se under).

KONTAKTINFORMASJON

Dersom du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med prosjektansvarlig Gøran Paulsen (93429420; goran.paulsen@nih.no) eller masterstudentene som skal gjennomføre prosjektet Eirik Hole (47020271; eirik.hole@olympiatoppen.no) og Tor Ivar Landsverk (torl@student.nih.no)

Dersom du har spørsmål om personvernet i prosjektet, kan du kontakte personvernombudet ved Norges idrettshøgskole, Rolf Haavik (90733760; rolf.haavik@habberstad.no).

SAMTYKKEERKLÆRING

Jeg har mottatt og forstått informasjonen om prosjektet «**Kraft-hastighets-profiler hos kastere på nasjonalt og internasjonalt nivå**», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i studien
- at mine opplysninger behandles og oppbevares frem til prosjektet er avsluttet (31.12.2026)

(Dato)

(Dato)

(Signatur deltaker)

(Signatur prosjektmedarbeider)

NSD NORSK SENTER FOR FORSKNINGSDATA

Meldeskjema 767302 Sist oppdatert

13.08.2020

Hvilke personopplysninger skal du behandle?

Navn (også ved signatur/samtykke)

Fødselsdato

E-postadresse, IP-adresse eller annen nettidentifikator

Andre opplysninger som vil kunne identifisere en fysisk person

Type opplysninger

Du har svart ja til at du behandler andre opplysninger som vil kunne identifisere en person, beskriv hvilke

Kjønn, alder, høyde, vekt og idrettsprestasjon

Skal du behandle særlige kategorier personopplysninger eller personopplysninger om straffedommer eller lovovertridelser?

Helseopplysninger

Prosjektinformasjon

Prosjektittel

Kraft-hastighets-profiler hos kastere på nasjonalt og internasjonalt nivå

Begrunn behovet for å behandle personopplysningene

De oppgitte personopplysningene er nødvendig for å beskrive den aktuelle gruppen idrettsutøvere. Forhold som kjønn, alder og kroppssammensetning er relevante, fordi det har kjent innvirkning på fysiske ressurser og prestasjonsnivå i idrett. Dette vil være i tråd med normen for tilsvarende vitenskapelig studier.

Ekstern finansiering

Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium **Kontaktinformasjon, student**

Eirik Hole, eirik.hole@olympiatoppen.no, tlf: 47020271

<https://meldeskjema.nsd.no/eksport/5f2ba002-f8ce-4e4b-927d-6b7d415d257>

Behandlingsansvar

Behandlingsansvarlig institusjon

Norges idrettshøgskole / Institutt for fysisk prestasjonsevne

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Gøran Paulsen, goranp@nih.no, tlf: 93429420

Skal behandlingsansvaret deles med andre institusjoner (felles behandlingsansvarlige)?

Nei

Utvalg 1

Beskriv utvalget

Kastere i friidrett på nasjonalt og internasjonalt nivå

Rekruttering eller trekking av utvalget

Kastere i Norge er en begrenset gruppe og vi vil rekruttere gjennom Friidrettsforbundet og trenere til landslagene

Alder

16 - 40

Inngår det voksne (18 år +) i utvalget som ikke kan samtykke selv?

Nei

Personopplysninger for utvalg 1

Navn (også ved signatur/samtykke)

Fødselsdato

E-postadresse, IP-adresse eller annen nettidentifikator

Andre opplysninger som vil kunne identifisere en fysisk person Helseopplysninger

Hvordan samler du inn data fra utvalg 1?

Felteksperiment/feltintervensjon

Grunnlag for å behandle alminnelige kategorier av personopplysninger

Samtykke (art. 6 nr. 1 bokstav a)

Hvem samtykker for ungdom 16 og 17 år?

Ungdom

<https://meldeskjema.nsd.no/eksport/5f2ba002-f8ce-4e4b-927d-6b7d415d2574> 2/5

13.8.2020 Meldeskjema for behandling av personopplysninger

Grunnlag for å behandle særlige kategorier av personopplysninger

Uttrykkelig samtykke (art. 9 nr. 2 bokstav a)

Redegjør for valget av behandlingsgrunnlag

Informasjon for utvalg 1

Informerer du utvalget om behandlingen av opplysningene?

Ja

Hvordan?

Skriftlig informasjon (papir eller elektronisk)

Tredjepersoner

Skal du behandle personopplysninger om tredjepersoner?

Nei

Dokumentasjon

Hvordan dokumenteres samtykkene?

Manuelt (papir)

Hvordan kan samtykket trekkes tilbake?

Kan be om å få det tilbake fysisk og makulere det.

Hvordan kan de registrerte få innsyn, rettet eller slettet opplysninger om seg selv?

Det vil bli gått gjennom alle resultater med forsøksperson etter hver test og en oppsummering av intervju i etterkant for forsikring om korrekthet. Ved forespørsel til en av prosjektmedarbeiderene vil de få kunne rettet på eller slettet alle opplysninger om seg selv.

Totalt antall registrerte i prosjektet

1-99

Tillatelser

Skal du innhente følgende godkjenninger eller tillatelser for prosjektet?

Annen godkjenning

Annen godkjenning

<https://meldeskjema.nsd.no/eksport/5f2ba002-f8ce-4e4b-927d-6b7d415d2574> 3/5

13.8.2020 Meldeskjema for behandling av personopplysninger

Vi søker om godkjenning fra lokaletisk komite ved Norges idrettshøgskole. Vi anser denne studien for ikke å inkludere medisinsk eller helserelevante informasjon og derfor faller dette prosjektet klart utenfor REKs mandat. Søknad til NIHs etiske komite er sent 13.8.2020.

Behandling

Hvor behandles opplysningene?

Maskinvare tilhørende behandlingsansvarlig institusjon

Hvem behandler/har tilgang til opplysningene?

Prosjektansvarlig Student (studentprosjekt) Interne medarbeidere

Tilgjengeliggjøres opplysningene utenfor EU/EØS til en tredjestat eller internasjonal organisasjon?

Nei

Sikkerhet

Oppbevares personopplysningene atskilt fra øvrige data (kodenøkkel)?

Ja

Hvilke tekniske og fysiske tiltak sikrer personopplysningene?

Adgangsbegrensning

Varighet

Prosjektperiode

01.09.2020 - 31.12.2026

Skal data med personopplysninger oppbevares utover prosjektperioden?

Nei, data vil bli oppbevart uten personopplysninger (anonymisering)

Hvilke anonymiseringstiltak vil bli foretatt?

Koblingsnøkkelen slettes

Vil de registrerte kunne identifiseres (direkte eller indirekte) i oppgave/avhandling/øvrige publikasjoner fra prosjektet?

Ja

Begrunn

<https://meldeskjema.nsd.no/eksport/5f2ba002-f8ce-4e4b-927d-6b7d415d2574> 4/5

13.8.2020 Meldeskjema for behandling av personopplysninger

Enkelte av forsøkspersonene er kjente idrettsutøvere så er det en mulighet for at de vil kunne være indirekte identifiserbare i publiseringer fra prosjektet på bakgrunn av prestasjoner. Vi vil informere utøverne om dette i informasjonskrivet og muntlig.

Tilleggsopplysninger

Vedlegg 2 (Fra Olympiatoppen).

Informasjon til deg som skal ta Dual-energy X-ray Absorptiometry

Hva er DXA?

DXA er en hel kroppsskanning som estimerer din kroppssammensetning slik at vi får vite hvor stor andel av kroppen som er fettmasse, muskelmasse (lean body mass) og skjelettmasse (beinmineral tetthet/innhold). Eksponeringen fra røntgen strålingen er meget lav, fra 0,02-1,5 mrem for en total kroppsskanning. Til sammenlikning tilsvarer strålingen fra en transkontinental flytur i USA 4-6 mrem, eller vanlig røntgenstråling 25-270 mrem. DXA regnes som en relativt nøyaktig målemetode med en feilmargin på estimering av LBM, fett%, fettmasse og beinmineraltetthet på 0.5-2% (avhengig av type skanner).

Forberedelser til DXA

For at målingen skal bli så nøyaktig som mulig, bør du ta noen forhåndsregler:

- Du skal ikke trene hardt dagen før skanningen
- Sørg for å være rehydrert kvelden før
- Møt fastende (ikke mat og drikke på 12 timer). Du kan drikke ett glass vann på morgenen
- Ha på deg undertøy i bomull (jenter truse og sports-BH)
- Alle smykker og klokke fjernes
- Gi beskjed om du har noen implantater (for eksempel skruer i bein etter brudd).

Prosedyre

Du vil bli veid og målt høyde før du begynner. Selve skanningen tar ca 15 minutter. Du ligger rolig på bordet i undertøyet hele tiden, og du kjenner ingenting.

Viktig!

Til tross for lav stråling anbefales det å utelukke graviditet før skanningen. Det er ditt ansvar å gi informasjon om det er muligheter for at du er gravid.

Kartleggingsskjema - Helse

Kjenner du til at du har en hjertesykdom?

Ja Nei Vet ikke

Evt. hvilken:

Har du pacemaker?

Ja Nei Vet ikke

Kjenner du til at du har høyt blodtrykk?

Ja Nei Vet ikke

Bruker du for tiden medisiner for høyt blodtrykk eller hjertesykdom?

Ja Nei Vet ikke

Hvis ja på forrige spørsmål; hvilke medisiner?

Røyker du?

Ja Nei Vet ikke

Kjenner du til om du har høyt kolesterolnivå i blodet?

Ja Nei Vet ikke

Har du besvimt i løpet av de siste 6 måneder?

Ja Nei Vet ikke

Har du sukkersyke/diabetes?

Ja Nei Vet ikke

Er du allergisk mot lokalbedøvelse (tilsvarende den man får hos tannlege)?

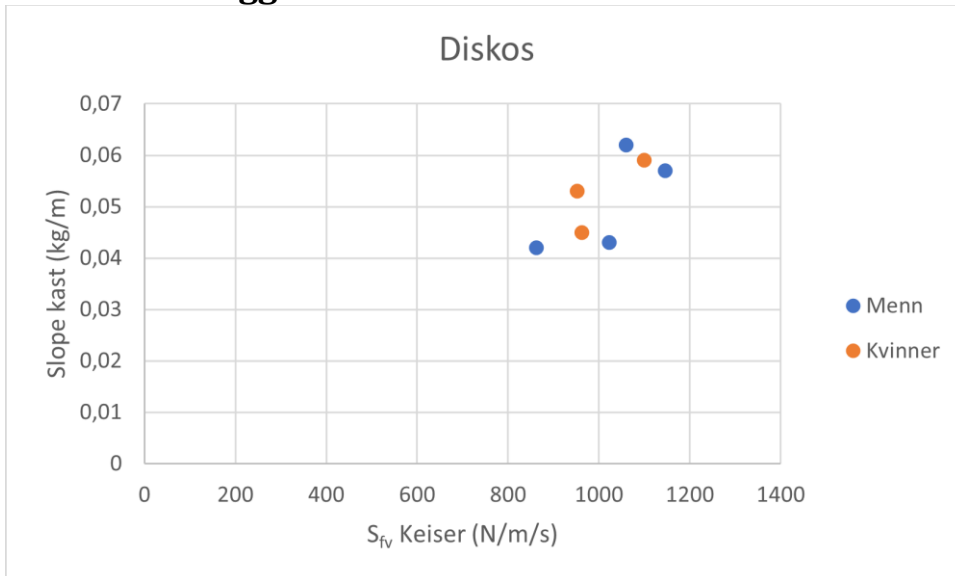
Ja Nei Vet ikke

Kjenner du til noen annen grunn til at din deltakelse i prosjektet kan medføre helse- eller skaderisiko?

Ja Nei Vet ikke

Evt. hva:

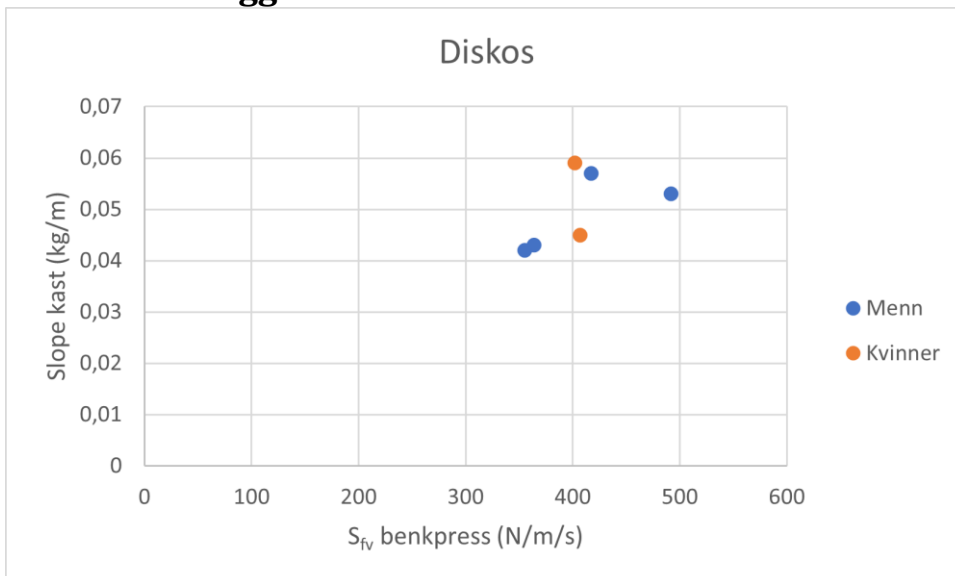
Vedlegg 2



Figur 15: Sammenhengen mellom kastprofil i diskos og KH-profil i benpress.

Forkortelser: kg: kilo; m: meter, S_{fv} : slope force-velocity, N: newton, m/s: meter per sekund. $N=7$.

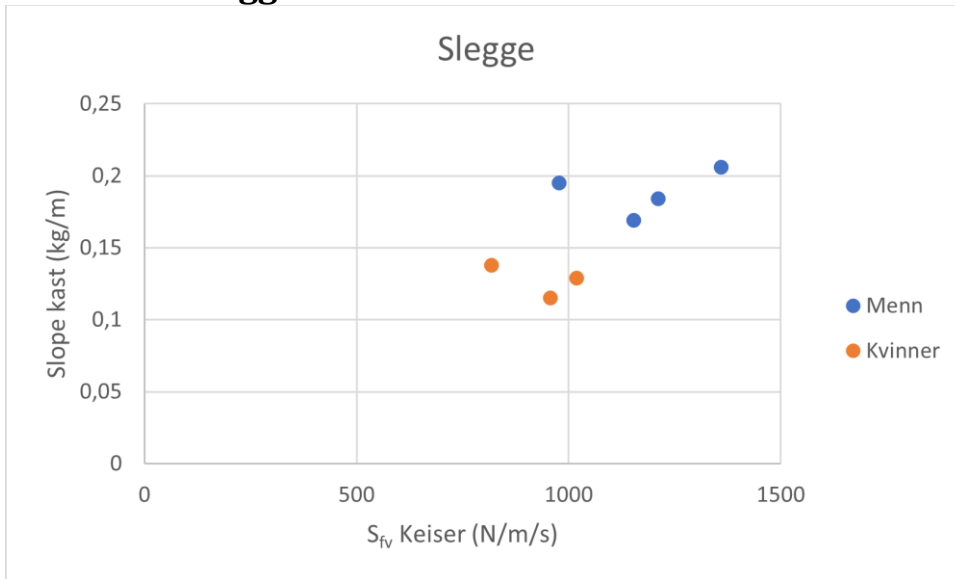
Vedlegg 3



Figur 16: Sammenhengen mellom kastprofil i diskos og KH-profil i benkpress.

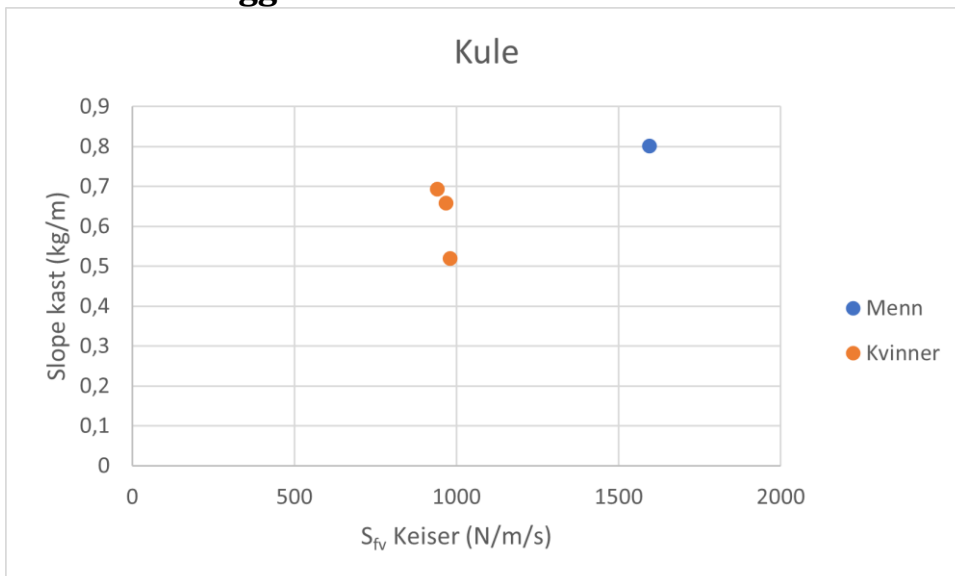
Forkortelser: kg: kilo; m: meter, S_{fv} : slope force-velocity, N: newton, m/s: meter per sekund. $N=6$.

Vedlegg 4



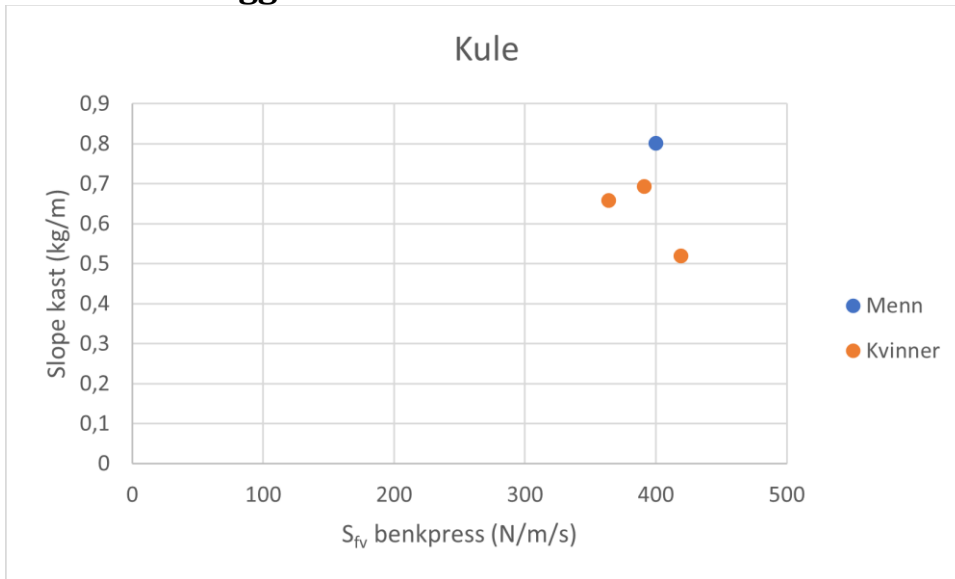
Figur 17: Sammenhengen mellom kastprofil i slegge og KH-profil i benpress.
Forkortelser: kg: kilo: m: meter, S_{fv} : slope force-velocity, N: newton, m/s: meter per sekund. $N=7$.

Vedlegg 5



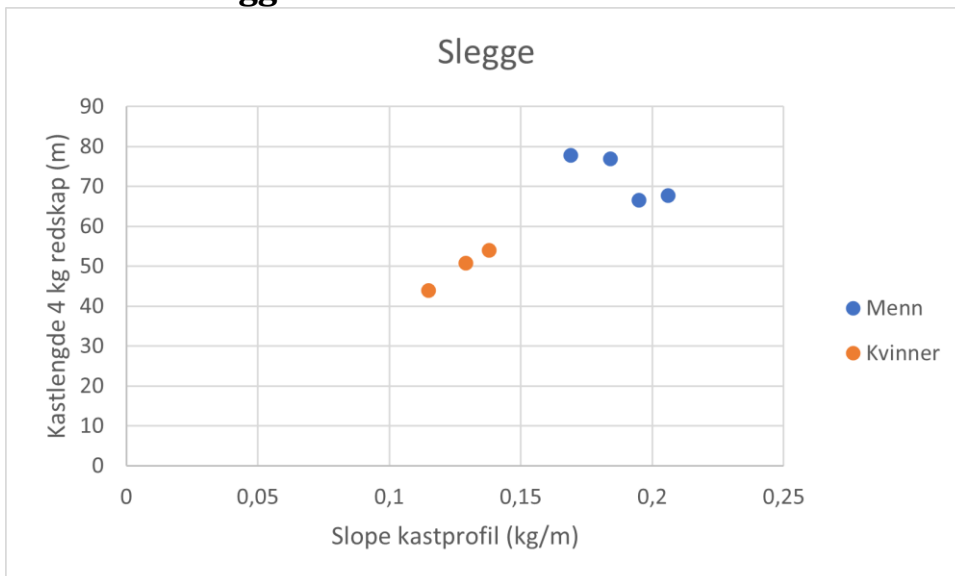
Figur 18: Sammenhengen mellom kastprofil i kule og KH-profil i benpress.
Forkortelser: kg: kilo: m: meter, S_{fv} : slope force-velocity, N: newton, m/s: meter per sekund. $N=4$.

Vedlegg 6



Figur 19: Sammenhengen mellom kastprofil i kule og KH-profil i benkpress.
Forkortelser: kg: kilo; m: meter, S_{fv} : slope force-velocity, N: newton, m/s: meter per sekund. $N=4$.

Vedlegg 7



Figur 20: Sammenhengen mellom kastprestasjon og slopen til kastprofilen i slegge.
Forkortelser: m: meter; kg: kilo. $N=7$.