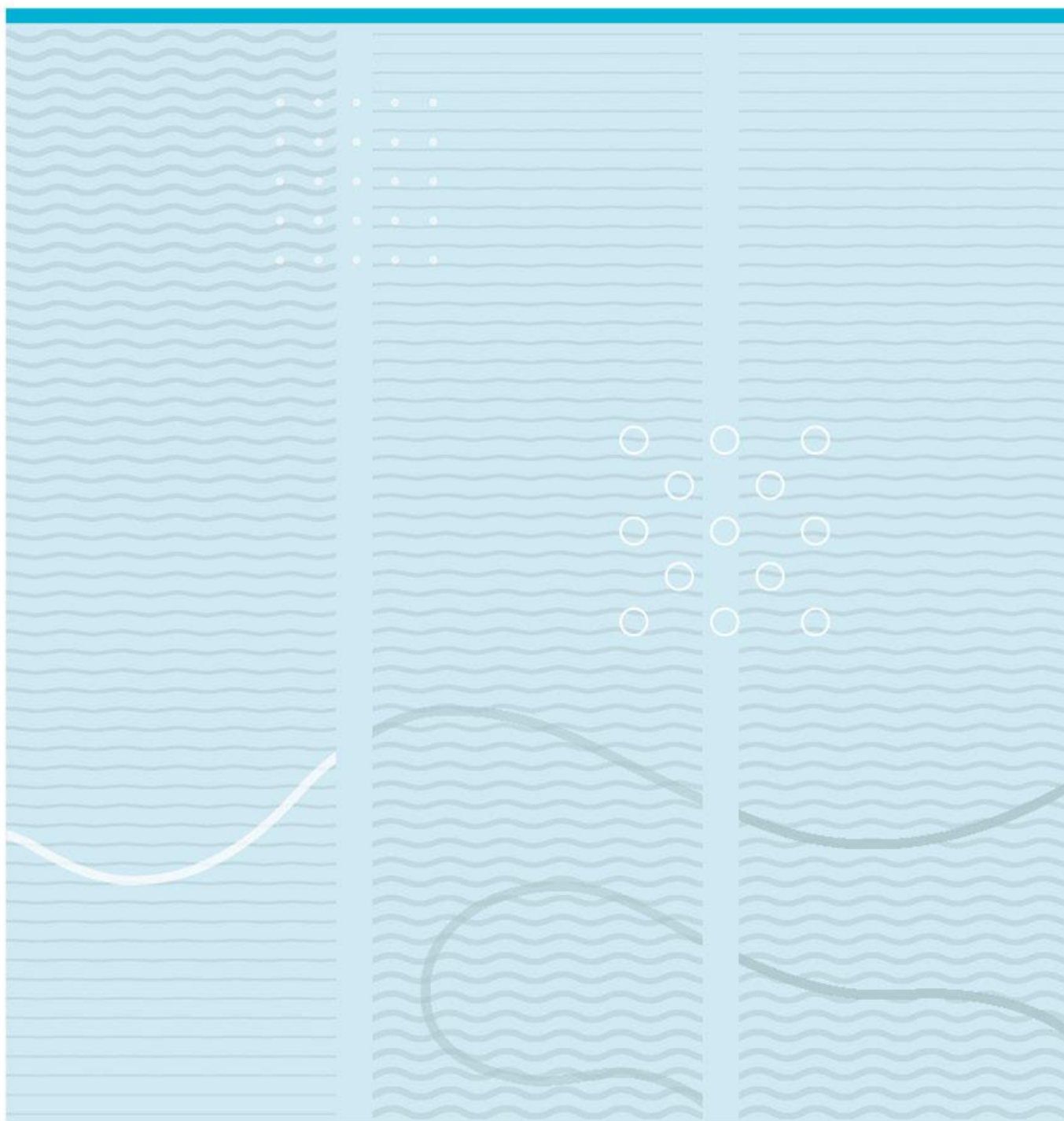


Jan Magne Kaasene

Betydningen av 1RM knebøy og VO_{2max} for CMJ_{60sek}



Høgskolen i Sørøst-Norge
Fakultet for humaniora, idretts- og utdanningsvitenskap
Institutt for friluftsliv, idrett og kroppsøving
Gullbringvegen 36
3800 Bø i Telemark

<http://www.usn.no>

© 2020 Jan Magne Kaasene

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Sammendrag

Hensikten med dette kartleggingsstudiet er å undersøke sammenhengen mellom en repetisjon maksimum (1RM) i knebøy, Maksimalt oksygen opptak (VO_{2max}) og gjentatte spenst hopp med svikt i 60 sekunder (CMJ_{60sek}).

Metode: 5 deltagere (Alder: 22 ± 2 år; Høyde: 187 ± 7 cm; Kroppsvekt: $85,4 \pm 4,88$ kg) ble testet i 1RM knebøy til 90° , VO_{2max} , maksimal hopphøyde og CMJ_{60sek}. Gjennom CMJ testene ble det også målt effekt (W). Relativ (pr kg kroppsvekt) 1RM og relativ effekt, samt gjennomsnittlig hopphøyde, gjennomsnittlig effekt, sum hopphøyde, produktet av relativ 1RM og VO_{2max} (Formel1) og teoretisk VO_2 -krav for CMJ_{60sek} (Formel2) beregnet.

Korrelasjonstester ble kjørt mellom gjennomsnittlig hopphøyde, sum hopphøyde, og de andre variablene.

Resultater:

Det ble funnet signifikante korrelasjoner mellom relativ 1RM og gjennomsnittlig hopphøyde ($r=0.974$, $p<0.01$) og også Formel1 og Gjennomsnittlig hopphøyde ($r=0.981$, $p<0.01$). Videre var det en signifikant korrelasjon mellom Maksimal hopphøyde og Gjennomsnittlig hopphøyde ($r=0.956$, $p<0.05$). VO_{2max} alene korrelerte ikke med gjennomsnittlig hopphøyde eller fall i hopphøyde.

Formel2 og VO_{2max} –resultatene viste at deltakerne gjennomsnittlig arbeidet på 130% av VO_{2max} gjennom CMJ_{60sek}.

Diskusjon og konklusjon: Deltakerne med høyest relativ 1RM knebøy hadde høyest høyeste hopphøyde. Kombinasjonen av relativ 1RM VO_{2max} ga den beste korrelasjonen mot CMJ_{60sek}, men bare marginalt bedre enn relativ 1RM alene. Til tross for høye metabolske krav på i snitt 130% av VO_{2max} under CMJ_{60sek}, syntes relativ 1RM knebøy å være en bedre determinator for CMJ_{60sek} enn VO_{2max} for de fem deltakerne i denne studien. Lavt deltakerantall og en homogen gruppe deltakere vedrørende VO_{2max} kan nok forklare noe av dette funnet.

Innhold

Sammendrag.....	3
Forord	5
Innledning.....	6
Teoretisk bakgrunn.....	8
Spent; evne til å akselerere kroppsmasse	8
Hva bestemmer kraftutviklingen i strekkapparatet?.....	9
Maksimalstyrke (1RM).....	9
Nevromuskulære faktorer:	10
Morfologiske faktorer:	12
1RM i knebøy og betydningen på CMJ _{60sek}	13
Svikt og betydningen av strekkrefleks og stiffness under CMJ _{60sek}	14
Hva er SSC?.....	14
Stifness	14
Strekkreflekser og nevralt preaktivering.....	15
Hva bestemmer evnen til gjentatte bevegelser med maksimal kraftutvikling?	15
Samspillet mellom nervøs aktivering og energiomsetningen gjennom CMJ _{60sek}	16
Hva bestemmer maksimalt oksygenopptak?	17
Kan maksimal styrke også påvirke evnen til gjentatte bevegelser med maksimal kraftutvikling?	18
Metode.....	19
Rekruttering	19
Testgjennomføring.....	19
Statistisk analyse	22
Resultater.....	23
Diskusjon.....	27
1RM og prestasjon på CMJ _{60sek}	27
Evne til å opprettholde hopp høyde mest mulig gjennom CMJ _{60sek}	28
VO _{2max} og prestasjon på CMJ _{60sek}	30
Teoretisk energiomsetningskrav ved CMJ _{60sek}	30
Kombinasjonen VO _{2max} og 1RM på prestasjonen på CMJ _{60sek} og praktiske implikasjoner .	32
Styrker og svakheter	33
Konklusjon.....	33
Kildeliste	34
Vedlegg 1	40

Informasjon og samtykkeskjema	40
Vedlegg 2	43
Egenerklæring helse	43

Forord

Denne Mastergraden har vært en lang og møysommelig reise som startet med et ønske om å ta hovedfag etter endt utdanning som idrettslærer i 1996. Derfra og frem til i dag har vært en lang, interessant, til tider utfordrende, men svært lærerik prosess. Først i 2016 åpnet det seg en mulighet og dermed ble oppstart Master i Bø påbegynt. Nå som jeg er helt på tampen og klar for innlevering, tenker jeg på ordtaket «Ingenting er umulig. Det umulige tar bare litt lengre tid». Det ser jammen slik ut!

Denne prosessen hadde ikke vært mulig uten hjelp fra andre, og i den forbindelse vil jeg først og fremst rette en stor takk til Øyvind Støren ved USN avd Bø. Hans fantastiske støtte, tålmodighet og gode veiledning gjennom denne oppgaven har vært uvurderlig. Deltakerne i studien fortjener også en takk for sin velvilje til å bruke tid og energi på prosjektet.

Avslutningsvis ønsker jeg å rette en stor takk til min familie for betingelsesløs støtte gjennom hele studieprosessen, spesielt min forståelsesfulle og nydelige kone, Therese Kaasene, som har støttet meg og fritatt meg fra mye familieansvar i innspurten.

Tusen takk!

Porsgrunn, 16.05.2020

Jan Magne Kaasene

Innledning

I aktiviteter som stiller krav til repetert muskellarbeid med svært høy kraftutvikling vil både evnen til høy maksimal kraftutvikling og evnen til å motvirke trøtthet være avgjørende for prestasjonen (Burnley & Jones, 2018). En best mulig kombinasjon av disse to egenskapene har vist seg å ha stor betydning i lagidretter som ishockey (Cox et al, 1995) fotball (Girard et al, 2011) og håndball (Manchado et al, 2013). Og ikke minst i individuelle såkalte mellomvarighet- eller mellomdistanseidretter som mellomdistanse i friidrett (Spencer & Gastin, 2001), gresk romersk og fristil bryting (Chino et al, 2015), mixed martial arts (Ghoul et al, 2019), judo (Julio et al 2017) og sprint distanser i svømming (Hellard et al, 2018).

For å se på evnen til maksimal kraftutvikling i gjentatte bevegelser og dermed gi et mål på korttids utholdenhetskapasitet, kan man benytte CMJ_{60sec} (Bosco et al 1983) Dette er en test som ble utviklet av Bosco et al (1983) for å kunne se på evnen til kraftutvikling i løpet av 60 sekunder. Her bestemmes prestasjonen enten som gjennomsnittlig hopp høyde på antall hopp eller som summen av hopp høyde totalt. Ser vi nærmere på hva som bestemmer gjennomsnittlig hopp høyde, vil dette nødvendigvis være høyden på høyeste hopp, samt fallet fra høyeste til laveste hopp.

Kapasiteten til å hoppe høyt påvirkes av strekkapparatets evne til å skape kraft mot underlaget og dermed akselerasjon av kroppsmassen (Helgerud et al, 2011). Slikt sett blir maksimalstyrke en viktig forutsetning for høy hopp høyde. Sammenhengen mellom maksimalstyrke i knebøy og hopp høyde har blitt vist i studiene til Wisløff et al 2004; Rønnestad et al, 2008 og Helgerud et al, 2011. Videre vil evnen til å opprettholde hopp høyde og maksimal kraftutvikling gjennom flere hopp, påvirkes av hastigheten på redannelse av ATP (Green, 1997) Både alaktisk og laktisk anaerob energiomsetning og aerob energiomsetning vil bidra til redannelse av ATP under maksimalt helkroppsarbeid i 60 sekunder (Gastin, 2001). Spesielt hastigheten på den aerobe energiomsetningen synes å være av stor betydning under siste halvdel av et slikt arbeid (Medbø og Tabata, 1989). Både Nevill et al (2008) og Medbø & Tabata (1989) har vist en fordeling mellom aerob og anaerob energifrigjøring på 50/50% ved maksimalt helkroppsarbeid i 60 sekunder. Videre peker både Gastin (2001) og Medbø & Tabata (1989) på at krysspunktet for mest aerob vs mest anaerob energifrigjøring skjer ved 20 – 30 sekunder, og at den aerobe delen bidrar mer og mer etter hvert som tiden øker. Hastigheten på aerob redannelse av ATP begrenses

av den maksimale aerobe kapasiteten, og kan måles i VO_{2max} (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 162-163).

Det er tidligere altså vist korrelasjoner mellom maksimal styrke og CMJ (Wisløff et al 2004, Rønnestad et al 2008, Helgerud et al 2011). Det er derimot ikke publisert studier som ser på forholdet mellom maksimal styrke, maksimal hopp høyde og VO_{2max} relatert til prestasjon i CMJ_{60sek} . Det er denne sammenhengen denne masteroppgaven derfor fokuseres inn mot.

Problemstilling.

Hvor stor betydning har 1RM knebøy og VO_{2max} for prestasjon i CMJ_{60s} ?

Følgende hypoteser vil bli prøvd i denne oppgaven:

- 1) Kombinasjonen høyest 1RM knebøy og høyest VO_{2max} gir høyest gjennomsnittlig hopp høyde.
- 2) De med høyest relativ 1RM i knebøy har størst hopp høyde i høyeste hopp
- 3) De med høyest VO_{2max} har minst fall fra høyeste til laveste hopp høyde
- 4) Den metabolske belastningen under CMJ_{60sek} vil tilsvare et arbeid på 120-140% av VO_{2max} .

Teoretisk bakgrunn.

Spent; evne til å akselerere kroppsmasse

Evnen til å kunne akselerere kroppsmasse bestemmer evnen til å kunne hoppe høyt. Newtons' 2 lov gir oss $F = kg \cdot a$ (F =kraft, kg = kroppsmasse, a = akselerasjon). Dette medfører at akselerasjonen kan uttrykkes som $a = F/kg$. Det vil si at dess større F dess større a forutsatt at kg er konstant (McGinnis, 1999, s.105-112; Goodwin & Cleather, 2016, s.36-66). Videre sier N's 3 lov at kraft=motkraft. Dvs at den kraften (F) du kan klare å få til å virke mot underlaget vil være like stor men motsatt rettet, og flytte deg fra underlaget (McGinnis, 1999, s. 105-112; Goodwin & Cleather, 2016, s. 36-66). På bakgrunn av N's 2 og 3 lov ser vi at evnen til kraftutvikling og dermed evne til akselerasjon blir en viktig komponent for å kunne hoppe høyt. I og med at det skal skapes akselerasjon gjennom et hopp, må vi også ta hensyn til utvikling av dreiemoment i de leddkjeder som utgjør bevegelsen. Dreiemoment er en rotasjonskraft og kan uttrykkes gjennom formelen $M = F \cdot R$ (M =dreiemoment, F =kraft, R =lengden på vektarmen som F virker på) Her ser vi også at dess større F , dess større M og dermed større potensiale for akselerasjon i leddkjeden, forutsatt lik R (McGinnis, 1999, s.131-132)

Videre vil arbeidsveien s som utføres være med å påvirke arbeidet som utføres, forutsatt lik kraftutvikling, siden arbeid = $F \cdot s$ (McGinnis, 1999, s. 115-117). Nå holder det ikke bare å utføre et størst mulig arbeid for å få størst mulig kraft mot underlaget, arbeidet må også utføres på kortest mulig tid (Cormie et al 2011a; Goodwin & Cleather, 2016, s.36-66). Dette bringer oss inn på begrepet effekt (P), og $P = \text{arbeid} / \text{tid}$ (Goodwin & Cleather, 2016, s. 36-66). Siden arbeidsvei oppgis i meter, får vi da formelen for effekt; $P = Nm \cdot s^{-1}$ (McArdle, Katch & Katch, 2001, s 224-225 og s. 1052-1053; McGinnis, 1999, s. 115-117) som er det samme som Watt. Kort sagt vil størst mulig effekt gi størst mulig akselerasjon av kroppsmasse, og dermed høyest mulig hopp.

Siden dette dreier seg om akselerasjon av kroppsmasse, er det avgjørende at kraften må produseres mens det fortsatt er arbeidsvei tilgjengelig i bevegelsen. Konkret vil dette si at de muskelkontraksjoner som fører til rotasjonskraft over leddene må gjennomføres hurtigst mulig, og hurtigere og hurtigere gjennom bevegelsen, siden hastigheten på rotasjonen vil være økende (Goodwin & Cleather, 2016, s.36-66) Dermed er evnen til å utvikle kraft raskt avgjørende, og denne evnen kalles Rate of Force Development (RFD). RFD blir derfor svært

viktig for evnen til å hoppe høyt med tanke på at varigheten på bevegelsen er kort, og kraftutviklingen må skje hurtig for å få så høyt hopp som mulig (Cormie et al 2011a, Goodwin & Cleather, 2016, s.36-66). RFD oppgis i Newton pr sekund ($N \cdot s^{-1}$), og er dermed uavhengig av arbeidsvei (Goodwin & Cleather, 2016, s. 36-66).

Tar vi utgangspunkt i Hills kurve (Åstrand et al, 2003 s. 67) viser denne til en sammenheng mellom kontraksjonshastighet og kraftutvikling. Kurven illustrerer hvordan høyere kontraksjonshastighet reduserer muskelens evne til kraftutvikling. Denne reduksjonen i kraftutviklingen antydes å kunne skyldes begrensninger i muskelens evne til kryssbrodannelse. Evnen til kryssbrodannelse begrenses av hastigheten på frigjøring av Ca^{++} fra sarkoplasmatiske retikulum (Maffiuletti et al, 2016) tilgjengelig ATP og myosinets evne til å slippe aktinet hurtig (Kraemer & Newton 2000, McCauley et al 2007). Derfor vil type II fibre ha mindre fall i kraftutvikling ved økt forkortningshastighet enn type I fibre.

Hva bestemmer kraftutviklingen i strekkapparatet?

Maksimalstyrke (1RM)

1 Repetisjon Maksimum (1RM) er et mål på den tyngste vekten man kan løfte og gir dermed et bilde av maksimalstyrken til en utøver. Denne maksimalstyrken er et uttrykk for den ytre kraftutviklingen, og dermed et produkt av den indre kraftutviklingen (i muskel) og de anatomiske og biomekaniske forhold som er gjeldende (Goodwin & Cleather, 2016, s. 36-66)

Maksimal ytre kraftutvikling er derfor blant annet bestemt av evnen til å aktivere størst mulig del av den aktuelle muskulaturen, inklusive høyterskelenheter av muskelfibrene (type II motoriske enheter) Disse fibrene har et stort potensial for kraftutvikling ved høy forkortningshastighet (Kraemer & Newton, 2000) For å måle evnen til den ytre kraftutviklingen i strekkapparatet kan man blant annet benytte knebøy (Rønnestad et al 2008; Støren et al 2008; Sunde et al 2009).

Muskelstyrken, altså evnen til indre kraftutvikling, er et produkt av flere faktorer av nevrologisk og morfologisk karakter (Folland & Williams, 2007). Nevrologiske faktorer er antall aktiverte motoriske enheter, synkronisering av motoriske enheter, fyringsfrekvens, og samspill mellom agonister og antagonister (Folland & Williams, 2007) Morfologiske faktorer er først og fremst relatert til fysiologisk muskeltvernsnitt og fibertypefordeling (Folland &

Williams, 2007). Evnen til å produsere ytre kraft er i tillegg bestemt av arkitektonisk utforming av muskel, fasikkelvinkel og fasikkel lengde, grad av stiffness i sener og bindevev, samt muskelseneapparatets festepunkter på knokler (Folland & Williams, 2007). Disse momentene er av betydning for utvikling av dreiemoment og realisering av bevegelser. En høy 1 RM kan dermed hovedsakelig årsaksforklares gjennom gode nevro-muskulære forhold (Støren et al 2008), og størrelsen på muskeltverrsnitt og arkitektoniske forhold (Folland & Williams, 2007). Trening vil ha størst påvirkning på den indre kraften som kan genereres, sammenlignet med de arkitektoniske faktorene. Kort sagt bestemmes potensialet for muskelens evne til kraftutvikling av fysiologisk tverrsnitt (både isometrisk og dynamisk), samt av andelen type II fibre (kun dynamisk). Utnyttelsen av dette potensialet bestemmes av grad av rekruttering av aktuelle motoriske enheter og fyringsfrekvensen i disse (Jeffreys, 2016, s. 15-33)

Nevromuskulære faktorer:

Antall aktiverte motoriske enheter

En motorisk enhet (ME) består av de muskelfibre den innnerverer samt dens tilhørende nervefibre (Åstrand et al, 2003, s.42). Antall muskelfibre som en ME inneholder, varierer og påvirkes av de funksjoner som den er satt til å gjøre. ME som administrerer finkoordinering innehar færre muskelfibre enn de som krever rask og stor kraftutvikling. En ME består av en bestemt muskelfibertype som innehar samme metabolske profil. Motoriske enheter kan blant annet klassifiseres basert på «twitch» egenskaper og metabolske egenskaper (Åstrand et al, 2003, s.42-46; Jeffreys, 2016 s. 24-25)

- 1) Type IIx – høy twitch, høy kraft ved høye forkortningshastigheter, liten evne til aerob energiomsetning, men stor evne til hurtig anaerob energiomsetning.
- 2) Type IIa – høy twitch, moderat til høy kraft ved høye forkortningshastigheter, god evne til både aerob og anaerob energiomsetning
- 3) Type I – lav twitch, liten kraft ved høye forkortningshastigheter og best evne til aerob energiomsetning, men liten evne til anaerob energiomsetning.

Siden type I ME er mest økonomiske og krever lavest fyringsfrekvens for å rekrutteres, foretrekkes disse ved kontraksjoner av liten eller moderat intensitet (Jeffreys, 2016, s. 24-25)

Rekruttering og bruk av type II ME er mer energikrevende, og krever en høyere fyringsfrekvens (Maffiuletti et al, 2016) Disse rekrutteres først når det kreves stor kraftutvikling (alle aktuelle ME) og / eller kraftutvikling ved høy kontraksjonshastighet (Maffiuletti et al, 2016) Dette prinsippet kalles rekrutteringshierarkiet (Duchateau & Enoka, 2011) Evnen til å kunne rekruttere flest mulig ME til et maksimalt arbeid er trenbart, men krever på bakgrunn av rekrutteringshierarkiet trening med høy intensitet (Rønnestad et al 2008, Støren et al, 2008)

Fyringsfrekvens:

Fyringsfrekvensen mellom nerve og muskel spiller en rolle for å oppnå maksimal kontraksjon i muskelfibrene, og en høyere fyringsfrekvens øker således hastigheten på kontraksjonen og kraftutviklingen i kontraksjonen (Aagaard, 2003). Fyringsfrekvens omhandler den hyppigheten som nerveimpulsene sendes fra α motonevronet til tilhørende motorisk enhet og dens muskelfiber (Enoka, 1995). Dess raskere og hyppigere nerveimpulsene kan sendes til muskelfibrene dess kraftigere blir kontraksjonen. Enoka (1995) viser til en kraftøkning på 300-1500% når fyringsfrekvensen til en motorisk enhet går fra minimum til maksimum. Dette gir høyere aktivering av musklene og flere tverrbroer i inngrep (Aagaard 2003). Siden frigjøring av Ca^{2+} fra muskelcellens sarkoplasmatiske retikulum styres av fyringsfrekvensen, og siden Ca^{2+} er nødvendig for å flytte på troponin og frigjøre bindingsstedene for myosinhodene på aktinfilamentene, er tverrbrodannelse direkte proporsjonal med fyringsfrekvensen (Maffiuletti et al 2016). For å gjennomføre en kontraksjon med lang forkortningsdistanse (som i et dynamisk muskellarbeid) kreves gjentatte tverrbrodannelser, og dermed gjentatt frigjøring og tilbakeføring av Ca^{2+} fra og til sarkoplasmatiske retikulum (Maffiuletti et al, 2016) Fyringsfrekvensen kan også påvirke RFD ved at nerveimpulsene avfyres som dubletter dvs at to impulser kommer svært raskt etter hverandre ($\leq 5ms$) (Van Cutsem et al, 1998). Evne til høy fyringsfrekvens til- og gjennom de ulike ME er trenbart, og krever trening med høy intensitet (Folland & Williams, 2007, Cormie et al, 2011b)

Synkronisering av motoriske enheter:

Synkronisering av motoriske enheter omfatter samtidig aktivering av to eller flere ME. Dette kan resultere i økt kraftutvikling. Det er særlig bevegelser som innehar rask muskelsammentrekning (Semmler et al, 2002) og tung styrketrening som fører til økt synkronisering (Aagaard et al, 2000)

Morfologiske faktorer:

Muskeltverrsnitt

Muskelens fysiologiske tverrsnitt bestemmer potensialet for kraftutviklingen ved å bestemme antallet potensielle tverrbroer i parallell i inngrep (Folland & Williams, 2007). En sarkomer er den minste kontraktile enheten i muskelcellen og en økning av disse vil øke antall myosin og aktin filamenter, m.a.o. flere potensielle tverrbroer i inngrep (Folland & Williams, 2007) Tverrsnittet kan påvirkes ved trening, og det har vist seg mest effektivt med trening som gir den største summen av mekanisk og metabolsk belastning, dvs ca 4-12 RM (Raastad & Refsnes, 2010, s. 127).

Siden det fysiologiske tverrsnittet, altså tverrsnittet vinkelrett på fiberens lengderetning bestemmer potensialet for kraftutvikling, vil arkitektonisk indeks også påvirke evnen til ytre kraftutvikling (Aagaard et al, 2001) I hovedsak deles skjelettmusklene inn i hhv. fjærformet og spoleformet muskulatur. Muskelfibre orientert i lengderetningen danner spoleformede muskler. Disse innehar stort potensiale for rask kraftutvikling i og med at sarkomerene ligger i serie (Wickiewicz et al, 1983; Nimphius et al, 2012)

Fjærformet muskulatur har et vinkelorientert innfestningspunkt (pennasjonsvinkel). Generelt kan man si at muskler med større pennasjonsvinkel og kortere fiberlengde har større potensiale for høy kraftutvikling over kortere bevegelsesutslag (Blazewich et al, 2003; Blazewich 2006; Blazewich et al, 2006). Eksempler på slike muskler er m. Vastus Lateralis (Aagaard et al, 2001) og m. Triceps Brachii (Kawakami et al, 1993). Imidlertid så er det verdt å merke seg at når pennasjonsvinkelen øker så reduseres også evnen til hastighet i kontraksjonen i den anatomiske lengderetningen (Wickiewicz et al, 1983). Musklenes arkitektoniske indeks er i liten grad trenbar. En spoleformet muskel vil forbli spoleformet og en fjærformet muskel vil forbli fjærformet. Imidlertid vil trening som fører til hypertrofi og dermed økt fysiologisk tverrsnitt, også kunne øke vinkelen på innfestingspunktet (pennasjonsvinkelen) til muskelfiberen noe (Kawakami et al, 1993; Folland & Williams, 2007).

Fibertypesammensetning:

Fibertypesammensetningen i en muskel vil være med å bestemme evnen til kraftutvikling under kontraksjon, og betydningen av fibertypesammensetning øker med hastigheten på kontraksjonen (Fitts & Widrick, 1996; McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 374-375) Det er de to proteinforbindelsene, aktin og myosin, som står for kontraksjonen i sarkomeren og det er isoformene til myosinet som gir muskelfiberen dens karakteristikk (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 374-376). Type II fiber har større potensiale for Ca^{2+} pr aksjonspotensiale noe som fører til større potensiale for kraftutvikling pr impuls (Maffiuletti et al, 2016). Ca^{2+} utskillelsen skjer 3-8 ganger raskere i type II fiber enn type I fiber (Maffiuletti et al, 2016) Økning i Ca^{2+} utskillelse som et resultat av høy fyringsfrekvens er større i type II fibre. (Maffiuletti et al, 2016)

I og med at fibertypen har noe å si for evnen til raskt å utvikle kraft innehar type II fibre best egenskaper for rask og hurtig kraftutvikling. Imidlertid så er kapasiteten til å motstå trøtthet relativt dårlig sammenlignet med Type I fiber (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 374-380).

1RM i knebøy og betydningen på CMJ_{60sek}

I og med at prestasjonen på CMJ_{60sek} bestemmes av gjennomsnittlig hopp høyde på antall hopp eller totalsum på antall hopp, vil de faktorene som påvirker denne hopp høyden være sentrale. Det er funnet korrelasjon mellom 1RM i knebøy og hopp høyde i flere studier (Wisløff et al, 2004; Rønnestad et al, 2008; Helgerud et al 2011,).

En økning av 1 RM gjennom maksimal styrketrening med maksimal mobilisering i hver repetisjon vil øke rekrutteringen av høyterskelenheter (Hoff et al, 2002; Støren et al, 2008). Disse har større potensiale for kraftutvikling og raskere kontraksjonshastighet. I tillegg vil det øke fyringsfrekvensen på nervesignalene slik at muskelen får satt i gang kontraksjonen raskere via økt utskillelse av Ca^{2+} . En høy fyringsfrekvens og en høy grad av aktivering av høyterskelenheter vil kunne øke kraftutviklingen og dermed hopp høyden.

Høy 1RM i knebøy assosieres også med høy grad av muskel-sene stiffness (Støren et al, 2008). En høyere grad av stiffness som et resultat av høy maksimal styrke vil også kunne medføre et lavere energiforbruk pr hopp (Støren et al, 2008). Økt stiffness vil også kunne bidra til å øke hopp høyden gjennom utnyttelse av elastiske krefter/potensiale i muskel-

senekomplekset. Slikt sett vil en høy maksimal styrke kunne bidra både til økt hopp høyde og forlenget tid til trøtthet (Støren et al, 2008)

Svikt og betydningen av strekkrefleks og stiffness under CMJ_{60sek}

Hva er SSC?

Stretch Shortening Cycle (SSC) SSC beskrives av Komi (1992) som en naturlig bevegelse som først innledes av et eksentrisk arbeid, som raskt går over i en konsentrisk kontraksjon.

SSC betegner dermed også det som kalles for plyometrisk muskelarbeid (Markovic, 2007).

Hvis oppbremsingen av den eksentriske bevegelsen skjer raskt vil dette kunne resultere i en kraftigere konsentrisk kontraksjon, og mer kraft utvikles (Komi, 1992). Årsaksmekanismene antas her og kunne være aktivering av strekkreflekser, utnyttelse av elastiske komponenter i muskel og senekomplekset, neural preaktivering og stiffness (Horita et al, 2002)

optimalisering av muskel lengde forholdet (Kraemer & Newton 2000) og rekruttering av type II fiber (Malisoux et al, 2006). SSC mekanismen skjer naturlig i mange bevegelser og har til hensikt å effektivisere bevegelsesmønsteret og redusere energiforbruk gjennom utnyttelse av disse mekanismene (Komi, 1999; McCaulley et al 2007). Mange idretter benytter seg derfor av plyometrisk trening for å bedre prestasjonen.

Stifness

Stifness kan forklares som den motstanden et system har for lengdeforandring og måles ved å dele kraften på lengdeforandringen (Maffiuletti et al, 2016). Maffiuletti et al (2016) uttrykker stifness gjennom følgende formel: $v = \sqrt{kx/\mu}$ hvor v er hastighet på lengdeforandringen, k = stifness, x=lengden relativ til hvilelengde og μ =masse: lengde forholdet til involverte segment i bevegelsen. Litt enklere kan stifness uttrykkes gjennom Hooke's lov: $k = \frac{\Delta F}{\Delta x}$ hvor k er stifness, ΔF er forandring i kraft og Δx er forandring i lengde (Brughelli & Cronin, 2008). Det er verdt å merke seg at stifness påvirker både muskel og sene. Begge har ulike stifness komponenter på bakgrunn av ulik fysiologisk oppbygning (Taube et al, 2012; Pearson & McMahon, 2012). Økt stifness vil kunne gi mindre grad av ettergivenhet i de elastiske komponenter av muskel-sene apparatet i den eksentriske fasen av en SSC, hvilket vil kunne føre til at mer energi lagres og dermed bidrar til (den ytre) kraftutviklingen i den påfølgende konsentriske fasen (Pearson & McMahon, 2012). Muskler kan variere stifness akutt gjennom neural preaktivering og strekkreflekser (Taube et al, 2012), mens sener bidrar gjennom

viskøse og elastiske egenskaper (Pearson & McMahon et al 2012) Senens stifness vil derfor være med å påvirke det dreiemomentet som skapes.

Strekreflekser og nevralk preaktivering

Parallelt med muskelfibrene ligger det muskelspoler som har til oppgaven og registrere hastighet og lengdeforandringer på muskelen (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.402-404). Når disse spolene registrerer raske endringer sendes det signaler direkte til ryggmargen. Her kan det utløses reflekser som gir beskjed om at muskelen skal trekke seg raskt sammen (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 404-406; Taube et al, 2012). Når det utløses strekkreflekser, starter muskelen en kontraksjon, og denne spenningen gir et akutt noe stivere muskel-sene apparat, noe som igjen kan bidra til en raskere kraftoverføringen mellom muskel og knokkel (Taube et al, 2012). Hvis signalet fra muskelspolene ikke er kraftig nok utløses det ikke strekkreflekser, men signalet sendes videre til motorisk senter i hjernen. Her bearbeides signalet slik at nervesystemet kan påvirke koordinering og justering av bevegelsesutførelse (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 390).

Hva bestemmer evnen til gjentatte bevegelser med maksimal kraftutvikling?

Både evnen til høy maksimal kraftutvikling og evnen til å motvirke trøtthet bestemmer gjennomsnittlig hopphøyde i CMJ_{60sek}. Det vil derfor være faktorer både i det nevro-muskulære systemet og de metabolske systemene som vil påvirke evnen til maksimal kraftutvikling gjennom CMJ_{60sek}. I det nevro-muskulære systemet vil evnen til å sende nerveimpulser til motoriske enheter være sentralt (Aagaard, 2003; Folland & Williams, 2007; Enoka & Duchateau, 2017) samt evnen til å buffre de ione forstyrrelser som skjer som et resultat av melkesyre fra den anaerobe energifrigjøringen (Sahlin, 2014; Hostrup & Bangsbo, 2017) De metabolske faktorene styres først og fremst av det anaerob alaktiske systemet de første 10 sekundene (Gastin, 2001; Åstrand et al 2003, s. 468), deretter av det anaerob laktiske (Gastin, 2001; Sahlin, 2014) og til slutt de aerobe glykolytiske systemet (Gastin, 2001) Viktig å nevne i denne sammenhengen er at det er en balansegang og et samvirke mellom disse metabolske systemene fra begynnelse til slutt, og hvor det aerobe systemet dominerer mer og mer dess nærmere 60 sekunders merket vi kommer (Medbø & Tabata, 1989; Nevill et al, 2008)

Samspillet mellom nervøs aktivering og energiomsetningen gjennom CMJ_{60sek}

For at en muskel skal kunne trekke seg sammen må det først komme en nerveimpuls gjennom aksonet og ned til tilhørende muskelfibre (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 393-398; Enoka & Duchateau, 2017). Dette foregår ved at et aksjonspotensiale aktiveres i sentralnervesystemet og sendes via depolarisering og repolarisering ned gjennom aksonet til synapsens motoriske endeplate (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 374, s. 393-398). Via acetylcholin kan signalet, hvis det er sterkt nok, overføres til den aktuelle muskelfibers cellemembran. Her går signalet via depolarisering og repolarisering inn i T-tubuli, hvor signalet stimulerer til frigjøring av Ca^{2+} i sarkoplasmatiske reticulum (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.370-374). Ca^{2+} fester seg på troponin, som er kveilet rundt muskelfiberens aktinfilamenter (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.372-374). Dermed flyttes troponinet nok til at myosinhoder kan feste seg på bestemte bindingssteder på aktinet (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.372-374). Det er nå dannet en tverrbro, men myosinhodet trenger å være ladet med et energirik adenodin trifosfat (ATP) for at det skal kunne skyve på aktinet (sliding filament movement), og så slippe taket (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.369-370). Dette medfører at energi lagret i bindingen mellom to av de tre fosfatene benyttes ved at enzymet ATPase bryter denne bindingen og frigjør energi som muliggjør tverrbrodannelse. Dermed har ATP blitt ADP + P (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.372-374). Det er cellens energiomsetning som sørger for redannelse av ATP, ved å bruke energi til å rekoble ADP + P til ATP. Energibehovet øker proporsjonalt med intensiteten og varigheten, og tilgangen til, og dermed også redanningen av ATP blir dermed en kritisk faktor for å kunne opprettholde intensiteten ved mange repetisjoner som skal gjentas etter hverandre (Sahlin 2014). I løpet av de første 10 sekundene i CMJ_{60sek} så vil det være det alaktiske energisystemet som dominerer i oppbygningen av ATP. Dette skjer ved at CrP (kreatinfosfat) gir fra seg et fosfat, ved hjelp av enzymet Creatin kinase. Dermed frigjøres energi fra denne bindingen (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.134-135). Denne energien brukes til å koble P til ADP, som dermed blir ATP (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.370-374). Lagrene av CrP er imidlertid små og ca 10 sekunders maksimal intensitet vil tømme disse.

Etter hvert som det anaerob alaktiske (CrP) systemet brukes opp, tar det anaerob laktiske mer og mer over (Barclay, 2017). Her produseres ATP gjennom spalting av glukose til pyrodruesyre (pyruvat) i en prosess kalt glykolysen. Dette skjer gjennom flere trinn ved hjelp av ulike enzymer og vi får et biprodukt kalt melkesyre, som igjen gir en lik mengde laktat og

H⁺ ioner. Mesteparten av H⁺ blir «bufret» via bikarbonatsystemet (McArdle, Katch & Katch, 2001s. 300-302), og bare en liten del blir igjen i cytosol. I den mest intensive arbeidsperioden, når H⁺ produksjonen overstiger bufferkapasiteten, fører dette til redusert pH i muskelcella og dermed reduksjon i cellas kontraksjonskapasitet (Allen et al, 2008)

Etter hvert som vi nærmer oss 30 sekunder vil det aerobe glykolytiske systemet bidra mer og mer til ATP produksjonen. Dette systemet er avhengig av O₂. Når O₂ – tilførselen til cellas mitokondrier er tilstrekkelig, transporteres pyruvatsyren inn i mitokondriet. Her kobles det til coenzym A (CoA) og det dannes acetyl-CoA (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 143-148) Dette utgjør utgangspunktet for sitronsyresyklusen som består av en 10 trinns reaksjon hvor det blant annet produseres hydrogen atomer som binder til seg NAD⁺ og danner NADH + H⁺, og som binder seg til FAD og danner FADH. I tillegg dannes blant annet CO₂ og litt ATP. De energirike bindingene mellom NAD⁺ og H⁺ vil så brytes, og det frigjøres energi til å koble ADP og P (i elektrontransportkjeden), samtidig som O₂ reagerer med H⁺ og danner vann (H₂O) i en prosess som kalles oksidativ fosforylering (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.143-148). I denne prosessen dannes det netto 36 ATP per glukosemolekyl i motsetning til netto 2 ATP ved glykolysen alene (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.143-148). Som vi ser tar det aerobe systemet litt lengre tid før det kommer i gang og det går saktere, men det kan produsere mer ATP pr glukosemolekyl enn det anaerobe. Prisen for den langsommere produksjonen er imidlertid en reduksjon i intensiteten (DiMenna & Jones, 2016. s. 374-375). Forbedring av muskelcellas buffer kapasitet og økt kapasitet til fjerning av laktat vil kunne øke kapasiteten til glykolytisk ATP produksjon (Sahlin 2014) og dermed forlenge tid til trøtthet. Likeledes vil en evne til økt arbeidsintensitet ved aerob energiomsetning (økt aerob kapasitet) føre til det samme. I tillegg vil økt aerob kapasitet kunne redusere gjenoppbygningstiden av CrP-lagrene (Bishop et al, 2011), men akkurat dette vil sannsynligvis ha mindre praktisk betydning ved CMJ_{60s}.

Hva bestemmer maksimalt oksygenopptak?

Maksimalt oksygenopptak (VO_{2max}) er et mål på organismens evne til å ta opp og utnytte det oksygenet som er tilgjengelig (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.350-357). Det påvirkes av transportkapasiteten av oksygen til skjelettmuskelcellen, kalt supply, og av muskelcellens

evne til å forbruke dette oksygenet, kalt demand (McArdle, Katch & Katch, 2001, s.350-357). Lundby, Montero & Joyner (2017) viser til følgende formel for VO_{2max} :

$VO_{2max} = SV \cdot HR \cdot (a-vO_{2diff})$, hvor *SV* er slagvolum, *HR* er hjertefrekvens og $(a-vO_{2diff})$ er arterio-venøs differanse.

SV betegner hjertets evne til å pumpe ut blod på hvert slag, og en økning av dette påvirker således VO_{2max} gjennom større forsyningskapasitet av O_2 (supply) til arbeidende muskulatur. HR sier noe om den frekvensen som hjertet jobber med, og påvirkes sammen med slagvolumet av det O_2 behovet som muskelcellene trenger (demand). Den vil derfor øke etter hvert som intensiteten på arbeidet øker inntil et gitt nivå kalt Maksimal Hjertefrekvens (HF_{max}) er nådd. HF_{max} er mer eller mindre genetisk bestemt og påvirkes i liten grad av trening men faller litt med økende alder (Dimenna & Jones, 2016, s. 95)

A-v O_{2diff} er forskjellen mellom O_2 som blir forsynt via arterier og det som blir fraktet ut via vener etter forbruk i muskelcella (Lundby et al, 2017) Den forskjellen mellom det arterielle O_2 nivået og det venøse O_2 nivået sier noe om forbruket av O_2 i muskulatur. Videre skal det nevnes at evnen til supply også påvirkes av blodvolum (antall røde blodceller, plasmavolum) gjennom bedre transportvilkår (Lundby et al, 2017) Evnen til å ta opp og utnytte O_2 i muskelcella påvirkes i tillegg til behovet gitt ved arbeidsintensiteten av antall mitokondrier, og av kapasiteten av aerobe enzymer i mitokondriene (Lundby et al, 2017) Muskelfibertype I har større mitokondrietetthet og større antall aerobe enzymer enn muskelfibertype II. (McArdle, Katch & Katch, s. 374-379)

[Kan maksimal styrke også påvirke evnen til gjentatte bevegelser med maksimal kraftutvikling?](#)

Økning av 1 RM kan føre til redusert rekruttering av motoriske enheter under et gitt submaksimalt arbeid, som det spekuleres i, i Sunde et al (2009). Teoretisk vil man da kunne holde en gitt intensitet lengre før tretthet inntreffer. Økt RFD gjør at tilstrekkelig kraft til for eksempel et CMJ produseres raskere. Kortere tid til peak kraftutvikling koster mindre energi enn lengre tid, og i en gitt bevegelsessyklus lengde, vil også en kortere kontraksjonstid gi en tilsvarende lengre avslapningstid eller transittid (Støren et al, 2008). Økt transittid vil gi bedre blodgjennomstrømming, og dermed også bedre tilgang på energisubstrater og O_2 , samt bedre fjerning av eksempelvis H^+ (Støren et al 2008, Sunde et al 2009,). Økt stifness bidrar også til

at mer kinetisk energi kan gjenbrukes ved at mer energi fra eksentrisk fase i SSC lagres og er tilgjengelig i den påfølgende konsentriske fasen (Folland & Williams 2007). Alle de overnevnte faktorene vil påvirke arbeidsøkonomien under CMJ_{60s}.

Metode

Dette studiet ble gjennomført som en kartleggingsstudie, hvor hensikten var å se på om det er en sammenheng mellom 1 RM i knebøy, VO_{2max} og CMJ_{60sek}.

Rekruttering

Deltagere ble forsøkt rekruttert fra USN og lokale idrettslag i Grenland gjennom skriftlig invitasjon og informasjonsskriv (vedlegg 1). Det ble satt et alderskriterium fra 18 til 30 år for deltagelse på studiet. I tillegg var det en forutsetning at alle var aktive mosjonister eller idrettsutøvere. Alle deltagere skrev under på samtykkeskjema og egenerklæring på helse (vedlegg 2) Søknad og godkjenning fra NSD ble gjennomført (ref. 875189) Prosjektet, informasjonsskrivet og samtykkeskjema var godkjent av Norsk Senter for Forskningsdata (NSD), samt Universitetet i Sør Norge (USN) Eksklusjonskriterier fra studiet var skader, sykdom og underliggende lidelser som potensielt kunne medføre helsefare ved deltakelse, samt eventuelt kunne begrense maksimal prestasjon og gjennomføring av utvalgte tester.

På bakgrunn av Covid 19 epidemien og de smittevernsreglene dette medførte, måtte rekruttering og testing avsluttes etter at kun 5 objekter var blitt testet. Utøverkarakteristikk presenteres i **Tabell 1**.

Testgjennomføring

Testene ble gjennomført på to ulike dager innenfor en 14 dagers periode. På dag 1 ble VO_{2max} og 1RM knebøy testet og på dag 2 ble CMJ_{60sek} testet. Testing på Dag 1 ble gjennomført ut ifra samme prinsipper som presentert i Støren et al (2008) Der fant de ingen negativ effekt på 1RM i knebøy testet 30 min etter gjennomføring av en VO_{2max} test. Samme fremgangsmetode har også blitt benyttet av Sunde et al (2009).

Deltagerne ble gjort kjent med hvordan de spesifikke testene skulle gjennomføres rett før selve testen ble gjennomført.

Dag 1

Testing av VO₂max på tredemølle:

Før selve testen ble deltagerne veid på standard baderomsvekt. PC, programvare og VO₂ analysator ble startet 30 min før testing. VO₂ analysator ble kalibrert med 20.93% oksygen innhold (ambient), og sjekket mot standard gass (16% O₂ og 4% CO₂).

Deltagerne gjennomførte en 10 min progressiv oppvarming på mølle før selve testen. Deretter startet objektene testen på en intensitet mellom 8-12 km·h⁻¹ og 5% stigning. Hastighet ble bestemt etter samtale med testleder. Testleder økte hastigheten med 0.5 km/h⁻¹ hvert 30. sekund og signaliserte dette til testobjektet. Testen ble avsluttet ved frivillig utmattelse. I tillegg ble Respiratory Exchange Ratio (RER) ≥ 1.05 og VO₂ kurvens platå brukt for å bestemme om VO₂max ble nådd (Åstrand et al., 2003, s. 290). I tillegg ble HF ≥ 95% HF_{max} tatt med i denne vurderingen. All testingen ble utført på Metalyzer II Cortex (Biophysic GmbH, Leipzig, Germany) med et mixekammer. Det ble benyttet maske som ble individuelt tilpasset for å sikre optimal passform. Tredemøllen som ble brukt var en Woodway PPS 55 sport (Waukesha, WI, United States). For å måle hjertefrekvens ble det benyttet Polar s610 pulsklokke (Kempele, Finland).

1RM i knebøy til 90 grader i smith maskin

For å teste maksimal styrke i strekkapparatet ble det benyttet 1 RM test i knebøy utført i en Smithmaskin. Til testen ble det brukt Ergopower muscle lab 8 (Musclelab system, Ergotest Inovation, Porsgrunn, Norway) for å måle dybde på løftet, hastighet på løftet og arbeidsvei. Effekt uttrykt i N · m · s⁻¹ eller watt (W) kan dermed beregnes i hvert løft. Før testen ble det gjennomført en spesifikk progressiv oppvarming på 10 minutter.

Korrekt dybde ble funnet ved at Tp bøyde ned til 90° i kneledd målt med en pappvinkel. Dybden ble målt, notert ned og det det kom et signal fra Muscle Lab systemet når tilstrekkelig dybde i eksentriske fase var nådd. Hvert løft ble utført rolig og kontrollert i den eksentriske fasen, 1 sekund stans i bunnposisjon, og deretter maksimal mobilisering i den konsentriske fasen. Startvekten ble estimert ut ifra antatt 1RM og deretter ble samme progresjon som beskrevet i Sunde et al (2019) benyttet.

Først ble det gjennomført 5 reps på estimert 60% av en repetisjon maksimum (1RM), deretter 3 reps på ca 70% 1RM, 2 reps på ca 80% 1RM og til slutt 1 rep på estimert 1RM. Det ble benyttet 3 minutters pause frem til dette. Deretter ble det økt med 2,5-5 kg pr løft inntil riktig 1RM ble nådd. Pauser var også her 3 minutter mellom hvert løft. Alle løftene ble registrert og det beste ble lagret.

Dag 2

60 sekunders Bosco hoppetest:

Til Bosco CMJ_{60sek} test ble det benyttet Ergopower muscle lab 10 og lysrør (Musclelab system, Ergotest Inovation, Porsgrunn, Norway) Testen ble gjennomført med joggesko, t-skjorte og shorts og det ble utført en individuell progressiv oppvarming på 10 min før testen.

Etter oppvarming utførte testpersonen tre CMJ (svikthopp uten bruk av armer) med maksimal mobilisering på hvert hopp og hvor det beste hoppet ble registrert. 90% av beste hopp høyde ble regnet ut og notert. Dette for å sikre maksimal mobilisering fra første hopp i CMJ_{60sek} testen. Hvis ikke TP hoppet høyere enn 90% av beste hopp på de første 3 hoppene måtte testen startes på nytt etter 5 min pause.

Testen ble utført ved at testperson (TP) tok hofte grep med begge hender, hæler i gulv, bøyde raskt ned til selvvalgt hoppdybde og hoppet så høyt som mulig gjentagende ganger til tiden var ute. TP ble oppfordret til å forsøke å lande på samme sted hver gang og ta i maksimalt på hvert hopp. Videre ble TP verbalt oppfordret til å yte maksimalt og også informert om utført tid hvert 15 sekund. Antall hopp og hopp høyder ble registrert og lagret.

Tabell 1

Utøverkarakteristikk (n = 5)	
Alder (år)	22±2
Høyde (cm)	186,8±6,83
Kroppsvekt (kg)	85,4±4,88
1 RM knebøy (kg)	124±21,9
VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	54,6±3,45

Verdier er gjennomsnitt ± standard avvik. n = antall forsøkspersoner. 1RM = 1 repetisjon maksimum i knebøy
VO_{2max}= maksimalt oksygen opptak. Kroppsvekt målt i kilogram. Høyde målt i cm.

På bakgrunn av testresultater fra CMJ og 1RM knebøy, ble altså også effekt og relativ 1RM beregnet. Relativ 1RM ble beregnet som $1RM \cdot kroppsvekt^{-1}$. Det ble også beregnet en formel for produktet av relativ 1RM og VO_{2max} (Formel1); $REL1RM \cdot VO_{2max}$. Gjennomsnittlig effekt fra hoppene dannet grunnlag for utregning av teoretisk VO_2 -krav under CMJ_{60sek} (Formel2), der $VO_2 = (((W \cdot 0.0143) \cdot 0.4) \cdot 4) / 5$. Her er W effekten målt i watt, 0.0143 er konstanten som benyttes for å omregne 1 W til $Kcal \cdot min^{-1}$, 0.4 er andelen arbeid i hvert hopp i løpet av 1 minutt basert på bremsefase og satsfase, og 5 er Kcal pr liter VO_2 når $RQ=1.00$.

Dette VO_2 -kravet blir vel å merke omtrentlig, der vi ved å ta utgangspunkt i omregningsfaktoren fra effekt (W) til Kcal på 0.0143 pr minutt (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 1052), en gjennomsnittlig bremsefase på 0.2 sekunder, en gjennomsnittlig satsfase på 0.3 sekunder (data fra testlab ved USN avd Bø), og en omregning fra Kcal til VO_2 på 5.0 (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 1052) (forutsatt $RER=1$), baserer beregningen på faktiske effektverdier, men gjennomsnittlige verdier på resten av variablene.

Statistisk analyse

Statistiske beregninger har blitt gjort i Microsoft Excel (versjon 2016, Microsoft Corp., USA) og i IBM SPSS versjon 26 (Statistical Package for Social Science, Chicago, IL, USA). I dette studiet har det lave antallet deltagere åpenbart påvirket det statiske materialet. Fem deltagere er et minimum av det som er nødvendig for å kunne gjennomføre statistiske beregninger. Man må være oppmerksom på at få deltagere øker faren for type II feil. Den vanligste årsaken til type II-feil, med andre ord falske negative, er at man ikke har et tilstrekkelig stort antall observasjoner. Dette kan gi utslag at man ikke finner sammenheng mellom variablene der det ellers ville vært det.

På grunn av det lave antallet deltakere ble det ikke gjennomført andre tester for normalfordeling enn et QQ plot for gjennomsnittlig hopp høyde i 60s. Dette plottet antydte normalfordeling. Parametrisk statistikk ble derfor benyttet når dataene ble presentert i denne oppgaven. Men siden antallet altså ikke gir noe godt grunnlag for å vurdere eventuell normalfordeling, ble også median og minimum og maksimumsverdier oppgitt, i tillegg til de parametriske verdiene $\text{gjennomsnitt} \pm \text{standard avvik}$, variasjonskoeffisient og korrelasjonskoeffisient. Dessuten ble også alle enkeltverdier oppgitt i tabell. Pearson's korrelasjonsanalyse ble brukt for å finne eventuelle sammenhenger mellom variabler.

Signifikansnivået ble satt til $p < 0.05$. På grunn av lavt antall deltagere vil r-verdier som ellers ville vært oppfattet som sterke ikke kunne tolkes slik. Disse må tolkes med forsiktighet basert på utvalgets lave statistisk power.

Resultater

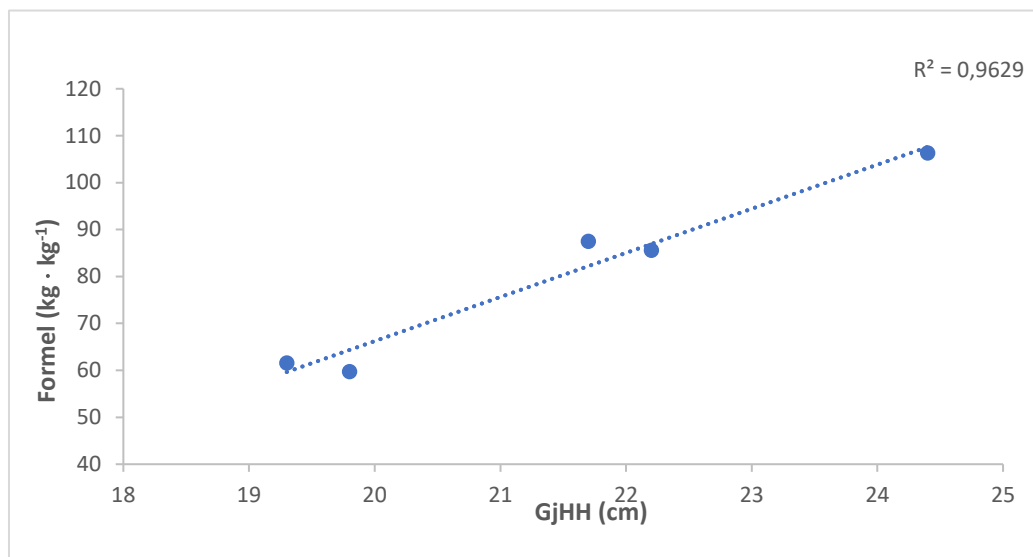
Det var ingen av de fem objektene som droppet ut av prosjektet og alle tester ble gjennomført i henhold til testbeskrivelser og kriterier for deltakelse. Testresultatene for hver testperson (TP) presenteres i **tabell 2**. Relativ 1RM korrelerte signifikant med høyeste hopp høyde ($r = 0,910$, $p < 0,05$).

Tabell 2. Testresultater (N=5)

TP	KV (kg)	1RM (kg)	Rel.1RM (kg·kg ⁻¹)	VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Maks HH (cm)	Gj. HH (cm)	Gj. Effekt (W)	Rel.Gj. Effekt (W·kg ⁻¹)	Sum HH (cm)	%FallGj 5FH5SH (%)	Formel
1	78.1	140.0	1.79	59.3	36.3	24,4	1312.1	16.8	1172.9	39.6	106.3
2	90.0	140.0	1.56	55.0	34.7	22,2	1431.0	15.9	1044.4	50.3	85.6
3	88.2	100.0	1.14	54.3	28.4	19,3	1199.5	13.6	860.8	37.3	61.6
4	83.1	100.0	1.20	49.6	29.1	19,8	1271.4	15.3	1086.4	54.8	59.7
5	88.0	140.0	1.59	55.0	31.1	21,7	1311.2	14.9	1020.6	44.6	87.5
Gj. ± St.av. (VK%)	85.5±4.9 (5.7)	124.0±21.9 (17.7)	1.46±0.28 (19.2)	54.6±3.4 (6.2)	31.9±3.5 (11.0)	21.5±2.0 (9.3)	1303.9±85.0 (6.5)	15.3±1.2 (7.8)	1037.0±114.3 (11.0)	57.3±9.4 (16.4)	80.2±19.5 (24.3)
Median	88.0	140.0	1.56	55.0	31.1	21.7	1311.2	15.3	1044.4	59.5	85.6
(min, maks)	(78.1, 90.0)	(100.0, 140.0)	(1.14, 1.79)	(49.6, 59.3)	(28.4, 36.3)	(19.3, 24.4)	(1196.8, 1431.0)	(13.6, 16.8)	(860.8, 1172.9)	(42.9, 70.4)	(59.7, 106.3)

Tabellen presenterer enkeltresultater, gjennomsnitt ± standard avvik, samt variasjonskoeffisient i prosent, median med minimum og maksimumsverdier. TP=testperson (ikke ID-nummer), KV=kroppsvekt, Formel= Relativ 1RM · VO_{2max}, VO_{2max}=maksimalt oksygen opptak, MaksHH=Høyeste hopp, Gj.HH=gjennomsnitt av hopp høyde totalt, Gj.Effekt=gjennomsnitt effekt totalt, Rel.Gj.Effekt= effekt delt på KV, SumHH=totalsum hopp høyde, %FallGj5FH5SH=gjennomsnittlige fall i hopp høyde på de 5 første og 5 siste hoppene målt i prosent, Formel=Rel1RM·VO_{2max}

Ut ifra testresultatene i tabell 2, kan vi se at de som er sterkest i 1RM og har høyest Rel1RM også har høyest VO_{2max}. I tillegg har de høyest maksimal hopp høyde, gjennomsnittlig hopp høyde samt høyest gjennomsnittlig effekt målt i Watt. For å kunne si noe om kombinasjonen mellom Rel1RM og VO_{2max} ble Formel1 (Rel1RM·VO_{2max}) benyttet (figur 1).



Figur 1. Sammenhengen mellom Formel og GjHH.

Figur 1 viser GjHH =gjennomsnittlig hopp høyde i CMJ_{60s} på x-aksen og formelen basert på Rel1RM · VO_{2max} på y-aksen. $r=0.981$, og $p=0.003$.

Det ble videre sett på eventuelle korrelasjoner mellom variablene (**Tabell 3**), hvor data er presentert som r- og p verdier. Her var det en sterk korrelasjon mellom Rel1RM og GjHH ($r=0.974$) og også Formel1 og GjHH ($r=0.981$). Videre ble det funnet korrelasjoner mellom MaksHH og GjHH ($r=0.956$) og RelGjEff og SumHH ($r=0.946$). Det var ingen andre variabler som viser noen signifikant korrelasjon til gjennomsnittlig hopp høyde og sum hopp høyde. Det skal nevnes at det ble funnet en sammenheng mellom MaksHH og RelGjEff ($r=0.883$ og $p=0.047$) men dette er ikke presentert i tabellen.

Tabell 3. Korrelasjoner

Prestasjonsvariabler	GjHH	P-verdi	SumHH	P-verdi
KV	-0.486	0.406	-0,713	0.176
1RM	0.863	0.060	0,506	0.384
Rel1RM	0.974**	0.005	0,688	0.199
VO _{2max}	0.823	0.087	0,280	0.648
SumHH	0.750	0.145	1	
GjHH	1		0,750	0.145
Anth	0.540	0.807	-0,153	0.348
GjEff	0.580	0.305	0,486	0.406
RelGjEff	0.680	0.056	0,946*	0.015
MaksHH	0,956*	0.011	0,701	0.187
FallHH	0,579	0.307	0,031	0.960
%FallGj5FH5SH	0,012	0.985	-0,517	0.372
Formel	0,981**	0.003	0,642	0.243

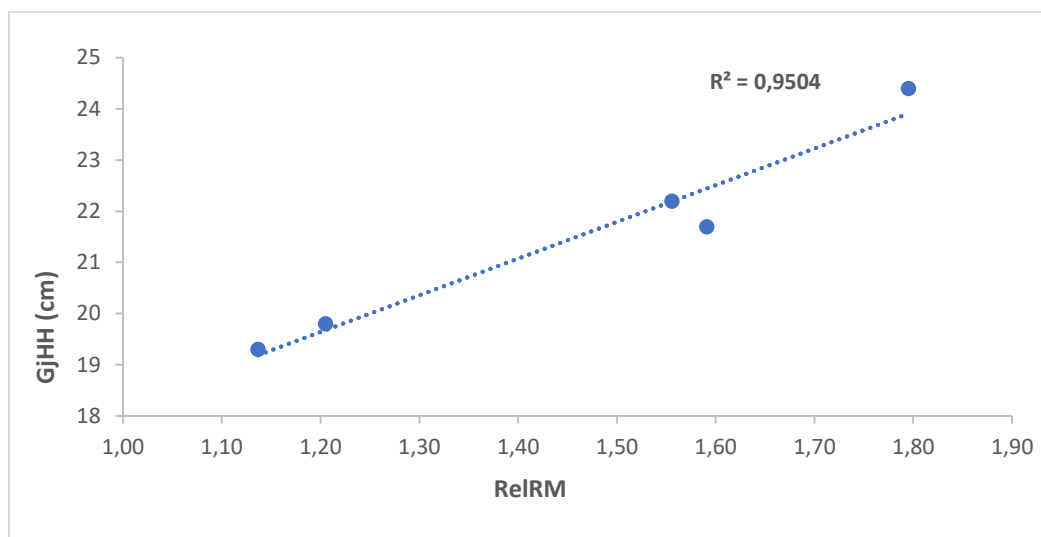
r = korrelasjonskoeffisient. * = $p < 0,05$ signifikans. ** = $p < 0,01$ signifikans. KV = kroppsvekt i kg.

1RM=maksimalt antall løftet kg i knebøy. Rel 1RM=1RM delt på KV. VO_{2max}=maksimalt oksygenopptak.

SumHH=totalsum av høyde på antall hopp. GjHH=gjennomsnitt hopp høyde. Anth= antall hopp i løpet av

CMJ_{60sek}. GjEff= gjennomsnitt effekt på hopp målt i Watt. RelGjEff= relativ gjennomsnittseffekt.

MaksHH=høyeste hopp høyde. FallHH=Fall i hopp høyde fra første til siste hopp. %fallHH=prosentvis fall i hopp høyde fra første til siste hopp. Formel=Rel 1RM · VO_{2max}



Figur 2. Forholdet mellom Rel1RM og GjHH.

Figur 2 viser forholdet mellom Rel1RM (1RM delt på kroppsvekt i kg) på x-aksen og GjHH (gjennomsnittlig hopp høyde på CMJ_{60sek}, målt i cm) på y-aksen. $r=0,974$, $p=0,005$.

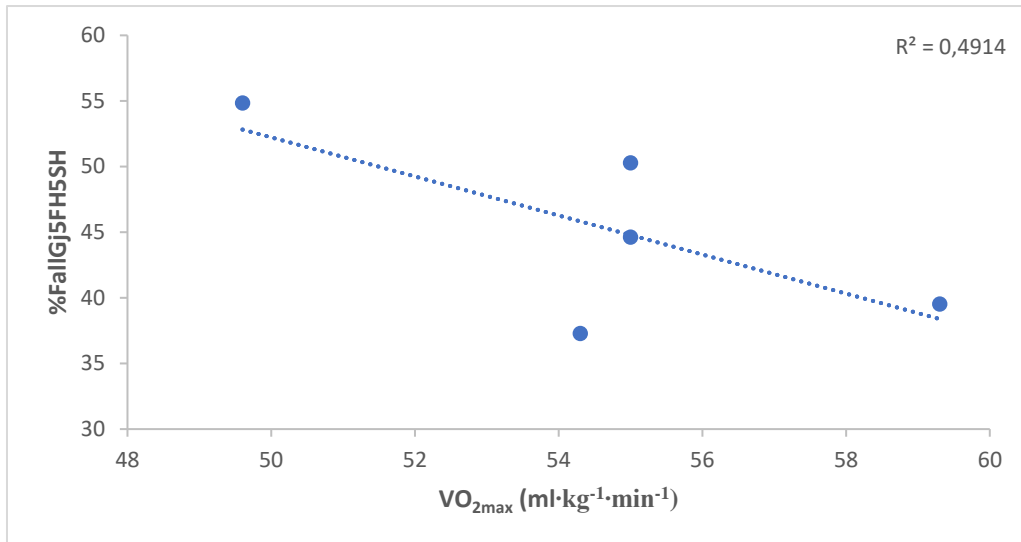
Metabolske krav i form av teoretiske VO₂ –krav er presentert i **tabell 4**.

Tabell 4. VO₂ –krav ved CMJ_{60s}

TP	VO _{2max} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	Effekt (W)	VO ₂ krav (L·min ⁻¹)	VO ₂ krav (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	%VO _{2max}
1	59.3	1312.1	6.01	77.0	129.3
2	55.0	1431.0	6.42	71.3	129.6
3	54.3	1199.5	5.10	57.8	106.4
4	49.6	1271.4	5.82	70.1	141.3
5	55.0	1311.2	5.88	66.8	121.5
Gj. ± St.av.	54.60±3.45	1305.4±84.0	6.01±0.6	70.6±8.8	129.6±20.01
(VK%)	6.23	6.43	9.98	12.5	15.44
Median	55	1311.2	6.01	71.3	129,3
(min,maks)	49.6, 59.3	1199.5, 1431.0	5.10, 6.65	57.8, 80.0	106.4, 161.2

TP=testperson, Gj.±st.av= gjennomsnitt±standardavvik, VK=variasjonskoeffisient målt i prosent, Median vist med minimum og maksimumverdier, VO_{2max} målt i ml·kg⁻¹·min⁻¹. Effekt målt i Watt, VO_{2max} krav=kravet til VO_{2max} ut ifra formel, %VO_{2max} = det prosentvise VO_{2max} behovet

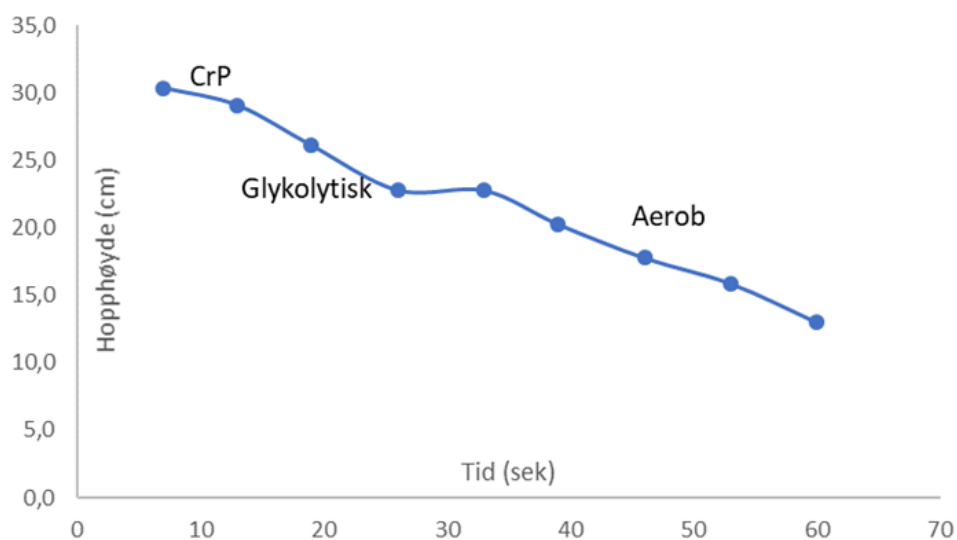
En ikke-signifikant sammenheng mellom VO_{2max} og prosentvis fall i hopp høyde er presentert i figur 3.



Figur 3. Sammenhengen mellom %FallGj5FH5SH og VO_{2max}.

Figur 3 viser VO_{2max} (ml·kg⁻¹·min⁻¹) på x-aksen, og prosent fall i gjennomsnittlig hopp høyde på de 5 første og de 5 siste hoppene (%FallGj5FH5SH) på y-aksen. $r=-0,701$, $p=0,187$.

I figur 4 vises gjennomsnittlig fall i hopp høyde, med angitt hovedsystem for energiomsetning relatert til tidsforbruket (McArdle, Katch & Katch, 2001, s. 158-172) gjennom CMJ_{60sek}.



Figur 4. Gjennomsnittlig fall i hopp høyde relatert til dominerende energisystem gjennom CMJ_{60sek}.

Her er gjennomsnittshøyden av hvert 5. hopp fordelt over tidsaksen (fordelingen på x-aksen er hvert 6,7 sek pr punkt).

Diskusjon

Hovedfunnene i dette studiet var at formelen $Rel1RM \cdot VO_{2max}$ korrelerte best med GjHH ($r = 0.981$, $p = 0.003$) under CMJ_{60s} . Imidlertid ble det funnet nesten like god sammenheng mellom $Rel1RM$ alene og GjHH ($r = 0.974$, $p = 0.005$). VO_{2max} alene viste en i utgangspunktet sterk, men på grunn av det lave antallet deltakere ($N = 5$) ikke-signifikant korrelasjon med GjHH ($r = 0.823$, $p = 0.09$). Dette viste at det var de med både høyest $Rel1RM$ og høyest VO_{2max} som hadde høyest gjennomsnittlig hopp høyde. Dessuten ble det bekreftet at de med størst relativ 1RM hadde størst høyeste hopp høyde ($r = 0,91$, $p=0,04$).

Beregningen av teoretisk VO_2 krav gjennom CMJ_{60s} viste at de fem deltakerne i gjennomsnitt arbeidet på 130% av VO_{2max} , med en variasjon fra minimum 106% til maksimum 141%.

Disse tallene indikerer to ting; at deltakerne må ha jobbet godt opp mot maksimal kapasitet, og at det er godt samsvar med resultatene fra Medbø & Tabata (1989) som viste en fordeling på 50% - 50% aerob – anaerob energiomsetning under 60sekunders maksimalt arbeid.

1RM og prestasjon på CMJ_{60sek}

Den gjennomsnittlige hopp høyden (GjHH) på CMJ_{60sek} påvirkes logisk først og fremst av to ting; av høyden på de første hoppene, og av fallet fra de høyeste første hoppene til de laveste siste hoppene. En høy maksimal hopp høyde vil derfor føre til en høyere GjHH, gitt samme fall i hopp høyden gjennom CMJ_{60sek} . Dette samsvarer med resultater fra Masterstudiet til Jensen (2018) som så på «Effekt av maksimal styrketrening på gjennomsnittlig hopp høyde i repeterte spensthopp». Studiet testet hopp høyde på 25 repeterte CMJ før og etter en maksimal styrke intervensjon i knebøy. Han fant at økt maksimalstyrke parallell forskjøvt hopp høyden på alle gjennomførte hopp. Det betyr at GjHH på 25 hopp økte som et resultat av økt 1RM og at det samme resultatet ville muligens være overførbart til CMJ_{60sek} .

Høyeste hopp høyde påvirkes av evnen til å akselerere kroppsmasse (Rønnestad et al 2008, Helgerud et al 2011, Suchomel et al 2016,) og dermed blir de faktorene som påvirker dette viktige bidragsyttere. CMJ er klassifisert som såkalt treg SSC fordi bevegelsestiden er lengre enn $\leq 250ms$ (Schmidtbleicher, 1992) I følge Rønnestad et al (2008) er maksimalstyrke den viktigste faktoren for å skape høy effekt (power) under slike forhold. Både 1RM og $Rel1RM$ i strekkapparatet har vist seg å ha en klar sammenheng med evnen til å hoppe høyt (Toji et al 1997, Wisløff et al 2004, Rønnestad et al 2008, Cormie et al 2011b, Helgerud et al 2011).

Maksimal styrke påvirkes blant annet av muskeltverrsnitt (Folland & Williams, 2007) og det er nærliggende å anta at de med høyest 1RM også har høyere tverrsnitt. Videre viser Cormie et al (2011a) til at Type II muskelfibre har høyere evne til kraftutvikling ved stor forkortningshastighet i muskelen. Dette er av avgjørende betydning, spesielt gjennom den siste fasen av satsen – som jo skjer med økende hastighet (Cormie et al 2011a). Det er godt dokumentert at maksimalstyrke øker rekruttering av type II fiber (McArdle, Katch & Katch, 2001 s. 536; Folland & Williams, 2007). Det kan også tenkes at de med høyest 1RM også har bedre evne til å rekruttere sine type II fiber (Cormie et al, 2011b). Imidlertid ble det ikke gjennomført fibertypemålinger i forbindelse med denne masteroppgaven.

Sammenheng mellom 1RM og effekt (W) har blitt vist i Støren et al (2008), hvor det ble vist til at en bedring av 1RM på 33.2% førte til en økning av effekt på 121.3 W (26%). En økning i effekt vil på bakgrunn av dette gi en direkte påvirkning på hopp høyde som igjen vil kunne øke den gjennomsnittlige hopp høyden på CMJ_{60sek} via økning av de første og høyeste hoppene. Dette sammenfaller med resultater, som viste en signifikant sammenheng mellom MaksHH og RelGjEff.

I tabell 2 viste enkeltresultater at de med høyest 1RM og Rel1RM også hoppet høyest (MaksHH). Det ble også funnet signifikant korrelasjon ($r = 0.910$, $p = 0.04$) mellom Rel1RM og GjHH i dette studiet. At det er en sammenheng mellom disse er ikke så rart i og med at Rel1RM påvirkes av kroppsvekt (1RM/KV) og at evnen til å utvikle kraft mot underlaget bestemmes av N's 2. og 3. lov. Det er derfor nærliggende å anta at kroppsvekt vil kunne påvirke MaksHH og GjHH når 1RM er konstant.

Evne til å opprettholde hopp høyde mest mulig gjennom CMJ_{60sek}

Tar vi utgangspunkt i figur 4, var hopp høyden svakt fallende fram til ca 12 sekunder. I og med forutsetningen om maksimal innsats fra start, skulle denne tidsperioden i hovedsak representere det alaktiske (ATP-CrP) energisystemet (Gastin 2001, Åstrand & Rodahl, 2003 s. 468). Mellom ca 12 sekunder og ca 25 sekunder falt hopp høydekurven bratt. Denne tidsperioden skulle i hovedsak representere det laktiske glykolytiske systemet (DiMenna & Jones, 2016b, s. 374-375) med en akselerasjon i opphopning av melkesyre. Rundt ca 30 sekunder var det en liten avflatning av kurven, før den fra ca 35 sekunder og fram til slutt ved 60 sekunder hadde omtrent samme forløp som ved 12 – 25 sekunder. I denne siste tidsperioden vil den aerobe omsetning av karbohydrater bli mer og mer dominerende

(Medbøe & Tabata, 1989). Det gjennomsnittlige fallet i hopp høyde i den foreliggende oppgaven (Figur 4) samsvarer med resultater fra McNeal et al (2010) De fant at kraftutviklingen merkbart ble redusert fra 40 til 60 sekunder i CMJ_{60sek}. At kraftutvikling reduseres under slike forhold, kan blant annet ses på som et resultat av ione forstyrrelser i kontraksjonsmekanismen (fra 10 til 30 sekunder) som reduserer cellens evne til Ca²⁺ utskillelse, samt redusert pH i musklene på grunn av opphopning av melkesyre (Bishop et al, 2011, Hostrup & Bangsbo, 2017). I tillegg vil et ca 40% aerobt bidrag allerede etter 30 sekunder (Medbøe & Tabata 1989) være med å redusere hastigheten på ATP produksjonen i muskelcellene.

Det kan da være naturlig at minst to faktorer knyttet til energiomsetning har påvirket fall i hopp høyde underveis i CMJ_{60sek} i denne masteroppgaven. Det ene er den gradvise overgangen fra raskere energiomsetningssystemer til langsommere energiomsetningssystemer, altså fra CrP systemet via det laktiske glykolytiske til aerob omsetning av karbohydrater (DiMenna & Jones, 2016b, s. 374-375). Det andre er en gradvis opphopning av H⁺ioner som resultat av laktisk glykolytisk energiomsetning (Hostrup & Bangsbo, 2017). Det kan tenkes tre måter å redusere fallet i maksimal hopp høyde på relatert til energiomsetning. Det ene er å kunne utnytte CrP systemet som hovedsystem lengre, bl.a. ved større lagre av kreatinfosfat (Sahlin, 2014), imidlertid vil en bieffekt av dette være en noe økt kroppsvekt siden dette vil lagre ekstra vann (Sahlin, 2014). Parallelt med en slik økning, vil det tilsvarende redusere avhengigheten av det laktiske glykolytiske systemet litt (Sahlin, 2014). Imidlertid vil det laktiske glykolytiske systemet uansett spille en stor rolle under energiomsetningen ved CMJ_{60s}. Derfor vil en best mulig bufferkapasitet, altså evne til å bli kvitt mest mulig av overskuddet av H⁺ioner raskest mulig være en fordel. Dette systemet bruker bikarbonat som buffer, og endeproduktene er CO₂ og vann (Sahlin, 2014). Imidlertid ble hverken kreatinfosfatlagre, bufferkapasitet eller melkesyrenivåer målt i forbindelse med denne masteroppgaven. Den tredje måten å redusere fallet på, handler om å øke hastigheten på det langsamste av de aktuelle energiomsetningssystemene, nemlig det aerobe systemet. Med andre ord en høyere VO_{2max}.

VO_{2max} og prestasjon på CMJ_{60sek}

Det ble ikke funnet noen signifikante sammenhenger mellom VO_{2max} og GjHH i dette studiet. Hvis vi derimot ser på figur 3 antyder trendlinjen at de med høyest VO_{2max} har minst gjennomsnittlig prosentvis fall i hopp høyde mellom de 5 første og 5 siste hoppene. Dette er en interessant betraktning som kan peke mot at en høy VO_{2max} er en viktig faktor for å prestere på CMJ_{60sek} gjennom en bedret aerob energiomsetning, spesielt viktig i siste del av testen. Dette er i tråd med Medbø & Tabata (1989), Gatin, (2001) og Nevill et al (2008) som viser til at krysspunktet for mest aerob vs mest anaerob energifrigjøring skjer rundt 30 sekunder, og at den aerobe delen bidrar mer og mer etter hvert som tiden øker opp til et minutt. Mer konkret viser Medbø & Tabata (1989) til et aerobt bidrag på 40 og 50% ved henholdsvis 30 og 60 sekunder. Slikt sett vil et høyt VO_{2max} kunne være med å redusere fall i hopp høyde etter hvert som det aerobe systemet bidrar mer og mer. Hvis man sammenligner med studier gjort på repetert sprint (RSA) viser Bishop et al (2011) i sitt review, at de med høyest VO_{2max} har best evne til å motstå trøtthet på slutten av en RSA test. Imidlertid vises ikke sammenhengen mellom VO_{2max} og evne til å motstå fall i hopp høyde så veldig tydelig i dette materialet med bare fem deltakere. Flere studier med et større statistisk materiale må til for å kunne si noe mer om denne sammenhengen.

Teoretisk energiomsetningskrav ved CMJ_{60sek}

I følge Dal Pupo et al (2013) kan det alaktiske energikravet finnes ut fra gjennomsnittlig hopp høyde på gjennomførte hopp i løpet av de første 5 sekundene. Det ble ikke direkte beregnet gjennomsnittseffekt på de 5 første hoppene i mitt studie, men vi ser at det er signifikant sammenheng mellom MaksHH og GjHH ($r=0.956$, $p=0.01$). I og med at effekten er størst i de 3-5 første repetisjonene (Baker & Newton, 2007) før de faller under 90% (Legaz-Arrese et al, 2007) og det alaktiske systemet har en kapasitet på ca 10 sek ved maksimalt arbeid (Åstrand et al, 2003, s. 468), kan vi anta at dess høyere MaksHH dess høyere gjennomsnittlig høyde på de første 5 hoppene. Her viser Gatin, 2001 til at energibidraget fra det alaktiske systemet er størst i de første 1-2 sekundene, er tømt med 75%-85% etter 10 sekunder, og at det er lite eller ingen bidrag etter 20 sekunder.

Energisystemene bidrar i ulik grad gjennom hele CMJ_{60sek} og ATP produksjon fra det alaktiske systemet vil være tømt i løpet av ca 10 sek. (Åstrand et al 2003, s. 468). Etter dette vil ATP produksjonen skje hovedsakelig via det laktiske systemet frem til 20-30 sekunder

(Medbø & Tabata, 1989; Gustin, 2001; Nevill et al, 2008;) Dette medfører en reduksjon i hopp høyde pga forstyrrelser i kontraksjonsmekanismen og vises som fall i hopp høyde. Det har ikke blitt målt gjennomsnittseffekt fra 10-30 sekunder, men figur 4 viser et klart gjennomsnittlig fall fra 10 sekunder til ca 30 sekunder i hopp høyde. Dette indikerer at det laktiske energisystemet dominerer i dette tidsrommet, og er i tråd med Medbø & Tabata (1989); Gustin (2001) og Nevill et al, (2007). Dal Pupo et al (2013) viser til at CMJ utført i 30 sekunder (CMJ_{30sek}) i stedet for 60 sekunder gir et klart bilde av den anaerobe kapasiteten og den anaerobe energiomsetningen. Fra 30 sekunder og frem til 60 sekunder, ser vi et ytterligere fall i hopp høyde, som indikerer at det aerobe energisystemet må bidra mer for å danne ATP. En økende andel aerobt bidrag fører med seg en reduksjon i hastigheten på ATP produksjon som igjen resulterer i redusert effekt (DiMenna & Jones, 2016b, s. 374-375)

Det teoretiske energiomsetningskravet ble beregnet ut ifra den effekten (W) som ble produsert i løpet av CMJ_{60sek}. Fra tabell 4 ser vi at gjennomsnittlig effekt ligger på 1305W. Dette er i tråd med det som ble funnet av Sands et al (2004) hvor de fant gjennomsnittlig W til å være ca 1384W på CMJ_{60sek} hos mannlige deltagere. Gjennomsnittsvekten var her 78,7±11kg. Følger vi omregningsformelen for metabolsk belastning gir dette oss gjennomsnitt på 6,33 L·min⁻¹ og dermed gjennomsnittlig VO₂-krav på 80,5 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Her var N=11. Disse verdiene sammenfaller med det VO₂-kravet som er presentert i tabell 4. Videre viser Sands et al (2004) til et laktatnivå på nærmere 15mmol noe som gir en klar indikasjon på et stort anaerobt arbeid. Imidlertid ble ikke VO_{2max} testet i Sands et al (2004) sitt studie og det er derfor vanskelig å beregne det prosentvise VO_{2max} kravet. Tar vi likevel utgangspunkt i beregningene gjort i tabell 4 ser vi at den gjennomsnittlige arbeidsintensiteten lå på 130% av VO_{2max}. I Helgerud et al (2001), vises det til en laktatterskel som ligger på 85% av VO_{2max} hos langdistanse løpere. Det er naturlig å tenke seg at den er litt lavere på dårligere trente, men det gir oss en indikasjon på fordelingen av aerobt og anaerobt bidrag sett i lys av det prosentvise VO_{2max} kravet som er vist i tabell 4. På bakgrunn av dette synes det rimelig å anta at deltakerne i det foreliggende studiet ikke har avveket så mye fra de 50% / 50% aerobt / anaerobt bidrag som ble funnet ved 60 sekunders maksimalt helkroppsarbeid i Medbø & Tabata (1989). Videre viser Gustin (2001) til 5 studier som måler et aerobt bidrag fra 23% til 33% på maximal aktivitet inntil 30 sekunder. Samlet sett viser Gustin (2001) i sitt review til at alle energisystemene bidrar i større eller mindre grad fra start og at det aerobe bidraget øker mest fra ca 30 sekunder.

Den prosentvise delen av VO_{2max} som er presentert i tabell 4 peker også mot at deltagerne må ha jobbet godt opp mot maksimal kapasitet.

Kombinasjonen VO_{2max} og 1RM på prestasjonen på CMJ_{60sek} og praktiske implikasjoner

Formell ($Rel1RM \cdot VO_{2max}$) viste en god sammenheng med GjHH ($r=0.981$, $p=0.003$). Ser vi nærmere på Tabell 2 finner vi at de med høyest «formeltall» også har høyest 1RM, Rel1RM og VO_{2max} (TP1, 2 og 5). De har også høyest GjEff, GjHH og MaksHH. At økt 1RM kan øke hopphøyde på repeterte CMJ og dermed GjHH har blitt vist i Masteroppgaven til Jensen (2018). Dette er høyintensivt alaktisk og laktisk arbeid, gjentatt flere ganger, og de samme muskulære mekanismene vil nok påvirke evnen til kraftutvikling som ved CMJ_{60sek} . Som vist i Rønnestad et al (2008) og Helgerud et al (2011), så er det en sammenheng mellom hopphøyde og 1RM i knebøy. En økning av 1 RM hovedsakelig gjennom bedring av nevro-muskulære forhold og uten nevneverdig grad av økning i muskeltverrsnitt, vil kunne øke Rel1RM (Støren et al, 2008). Dermed vil maksimalstyrketrening med fokus på maksimal mobilisering være et godt utgangspunkt for å øke GjHH basert på de første hoppene, og evt en parallellforskyving av hopphøydekurven oppover. Slik type trening kan effektivt gjennomføres med 4RM i 4 sett med 3 minutters pause mellom settene. (Støren, et al, 2008; Helgerud et al, 2011). Det kan også benyttes spensttrening med høy intensitet og lange pauser for å bedre evnen til å utnytte elastiske krefter i muskelsene apparatet, rekruttere Type II fiber (Malisoux et al, 2006) og øke stifness (Spurrs et al, 2003).

Videre kan VO_{2max} økes gjennom langintervall trening, eksempelvis 4 drag av 4 minutters varighet med 3 minutters pause og på en intensitet som ligger mellom 85%-95% av maksimal hjertefrekvens (HF_{max}) (Helgerud et al, 2011). Denne type trening har vist seg å bedre VO_{2max} med 8.6% på 8 uker (Helgerud et al, 2011)

Utfordringene med å skaffe så høy 1RM og så høy VO_{2max} som mulig er at det kan være et motsetningsforhold på adaptasjoner som er ønskelig å fremskaffe i muskelcella. Maksimal styrketrening og spensttrening tar sikte på å bedre nevro-muskulære forhold og øke rekruttering av fibertype II, mens økning av VO_{2max} påvirker adaptasjoner som favoriserer fibertype I. Samtidig trening av disse egenskapene kan skape interferens som svekker evnen til å utvikle kraft ved høye kontraksjonshastigheter (Vikmoen et al, 2020) og dermed redusere fremgangen i hopphøyde.

Imidlertid benyttet Helgerud et al (2011), en kombinasjon av maksimal styrketrening og langintervall som et supplement til ordinær fotball trening på et fotball-lag av internasjonal standard. Her ble det vist til fremgang i VO_{2max} , 1RM og vertikal hopp høyde samtidig hos allerede svært godt trente fotballspillere.

Enkelte studier indikerer at øvelser som innehar eksplosiv karakter kan bli negativt påvirket av samtidig utholdenhetstrening (Vikmoen et al, 2020), og en mulig måte å unngå dette på kan derfor være å periodisere treningen i blokker for å optimalisere utvikling av motsetningsfylte egenskaper (Rønnestad et al 2019). Det henvises til bl.a. Issurin (2015) for en mer inngående forklaring på dette konseptet, da periodisering ikke er et tema i denne masteroppgaven.

Styrker og svakheter

På bakgrunn av det lave deltagerantallet og dermed det lave statistiske materialet blir det vanskelig å trekke noen endelige konklusjoner og tallmaterialet må tas med en klype salt. Det skulle vært ønskelig med en større statistisk power for å kunne si noe mer om sammenhengene. Uansett så har studiet belyst noen teoretiske sammenhenger som det kunne vært interessant å se videre på. Blant annet kunne flere målinger (bl.a. laktatmålinger) bli gjort for å forsøke å danne et bedre bilde av det som skjer under CMJ_{60sek} . På den annen side så er det en del kapasitetsbegrensninger ved å gjennomføre for mange tester alene i en masteroppgave. Fremtidige studier anbefales å se på ytterpunktene, altså en gruppe med høy 1RM (vektløftere/styrkeløftere) og en gruppe med høy VO_{2max} (utholdenhetsutøvere), samt en gruppe som har behov for begge kapasitetene (fotball)

Konklusjon

Det ble bekreftet at kombinasjonen høyest 1RM knebøy og høyest VO_{2max} ga høyest gjennomsnittlig hopp høyde under CMJ_{60sek} . Det ble også bekreftet at de med høyest relativ 1RM i knebøy hadde høyest hopp høyde i høyeste hopp. Det ble ikke bekreftet at de med høyest VO_{2max} hadde minst fall fra høyeste til laveste hopp høyde. Imidlertid ble det funnet en antydning om lavere fall fra gjennomsnittet av de fem første til gjennomsnittet av de fem siste hoppene hos dem med høyest VO_{2max} . Det ble bekreftet at den metabolske belastningen under CMJ_{60sek} tilsvarte et arbeid på mellom 120% og 140% av VO_{2max} , nærmere bestemt 130%.

Kildeliste

- Aagaard, P. (2003;). Training-induced changes in neural function. *Exerc Sport Sci Rev.*, 61-7.
- Aagaard, P., Andersen, J., Dyhre-Poulsen, P., Leffers, A., Wagner, A., Magnusson, S., . . . Simonsen, E. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. *J Physiol*, 613-623.
- Aagaard, P., Simonsen, E., Andersen, J., Magnusson, S., Hallkjær-Kristensen, J., & Dyhre-Poulsen, P. (2000). Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training. . *J Appl Physiol*, 2249-2257.
- Allen, D., Lamb, G., & Westerblad, H. (2008). Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. *Physiol Rev*, 287-332.
- Baker, D., & Newton, R. (2007). Change in Power Output Across a High-Repetition Set of Bench Throws and Jump Squats in Highly Trained Athletes. *J Strength Cond Res*, 1007-1011.
- Barclay, C. (2017). Energy demand and supply in human skeletal muscle. *J Muscle Res Cell Motil*, 38:143-155.
- Bishop, D., & Edge, J. (2006). Determinants of Repeated-Sprint Ability in Females Matched for Single-Sprint Performance. *Eur J Appl Physiol*, 373-9.
- Bishop, D., Girard, O., & M.-V. A. (2011). Repeated sprint ability - Part II. Recommendations for training. *Sports Med*, 741-756.
- Blazevich, A. (2006). Effects of Physical Training and Detraining, Immobilisation, Growth and Aging on Human Fascicle Geometry. *Sports Med*, 1003-17.
- Blazevich, A., Gill, N., & Zhou, S. (2006). Intra- And Intermuscular Variation in Human Quadriceps Femoris Architecture Assessed in Vivo. *Journal of anatomy*, 289-310.
- Blazevich, A., Gill, N., Bronks, R., & Newton, R. (2003). Training-specific Muscle Architecture Adaptation After 5-wk Training in Athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 2013-22.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. (1983). A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping . *Eur J Appl Physiol* , 273-282.
- Brughelli, M., & Cronin, J. (2008). Influence of Running Velocity on Vertical, Leg and Joint Stiffness: Modelling and Recommendations for Future Research. *Sports Med*, 647-657.
- Burnley, M., & Jones, A. (2018). Power-duration relationship: physiology, fatigue, and the limits of human performance. *European Journal of Sport Science*, 1-12.

- Chino, K., Saito, Y., Matsumoto, S., Ikeda, T., & Yanagawa, Y. (2015). Investigation of exercise intensity during a freestyle wrestling match. *J Sports Med Phys Fitness.*, 290-6.
- Cormie, P., McGuigan, M., & Newton, R. (2011a). Developing Maximal Neuromuscular Power. Part 1 - Biological Basis of Maximal Power Production. *Sports Med*, 17-38.
- Cormie, P., McGuigan, M., & Newton, R. (2011b). Developing Maximal Neuromuscular Power. Part 2 - Training considerations for improving maximal power production. *Sports Med.*, 125-146.
- Cox, M., Miles, D., Verde, T., & Rhodes, E. (1995). Applied physiology of ice hockey. *Sports Med.* 1995 Mar;19(3):184-201., 184-201.
- Dal Pupo, J., Gheller, R., Dias, J., Rodacki, A., Moro, A., & Santos, S. (2013). Reliability and validity of the 30-s continuous jump test for anaerobic fitness evaluation. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 650-5.
- Dimenna, F., & Jones, A. (2016a). Cardiorespiratory control of exercise and adaption to training. I I. Jeffreys, & J. Moody, *Strength and Conditioning for sports performance* (s. 95). New york: Routledge.
- Dimenna, F., & Jones, A. (2016b). Developing endurance for sports performance. I I. Jeffreys, & J. Moody, *Strength and Conditioning for sports performance* (ss. 374-375). New York: Routledge.
- Duchateau, J., & Enoka, R. (2011). Human Motor Unit Recordings: Origins and Insight Into the Integrated Motor System. *Brain Res*, 42-61.
- Enoka, R. (1995). Morphological features and activation patterns of motor units. *J Clin Neurophysiol*, 538-559.
- Fitts, R., & Widrick, J. (1996). Muscle mechanics: adaptations with exercise-training. *Exercise and sport sciences reviews*, 427-474.
- Folland, J., & Williams, A. (2007). The adaptations to strength training: Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*, 145-168.
- Gastin, P. (2001). Energy system interaction and Relative contribution during maximal exercise. *Sports med*, 725-741.
- Ghoul, N., Tabben, M., Miarka, B., Tourny, C., & Chamari, K. C. (2019). Mixed Martial Arts Induces Significant Fatigue and Muscle Damage Up to 24 Hours Post-combat. *J Strength Cond Res*, 1570-1579.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-Sprint Ability – Part I Factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 673-694.
- Goodwin, J., & Cleather, D. (2016). The Biomechanical principles underpinning strength and conditioning. I I. Jeffreys, & J. Moody, *Strength and conditioning for sports performance* (ss. 32-66). New York: Routledge.
- Green, H. (1997). Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sports Sciences*, 247-256.

- Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O., & Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med.*, 677-82.
- Helgerud, J., Engen, L., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 1925-1931.
- Hellard, P., Pla, P., Rodríguez, F., Simbana, D., & Pyne, D. (2018). Dynamics of the Metabolic Response During a Competitive 100-m Freestyle in Elite Male Swimmers. *Int J Sports Physiol Perform*, 1011-1020.
- Hoff, J., Gran, A., & Helgerud, J. (2002). Maximal Strength Training Improves Aerobic Endurance Performance. *Scand J Med Sci Sports*, 288-95.
- Horita, T., Komi, P., Nicol, C., & Kyröläinen, H. (2002). Interaction Between Pre-Landing Activities and Stiffness Regulation of the Knee Joint Musculoskeletal System in the Drop Jump: Implications to Performance. *Eur J Appl Physiol.*, 76-84.
- Hostrup, M., & Bangsbo, J. (2017). Limitations in intense exercise performance of athletes - effect of speed endurance training on ion handling and fatigue development. *J Physiol*, 2897-2913.
- Jeffreys, I. (2016). The structure and function of the neuromuscular system. I I. Jeffreys, & J. Moody, *Strength and Conditioning for sports performance* (ss. 15-33). New York: Routledge.
- Jensen, T. S. (2018). *Effekt av maksimal styrketrening på gjennomsnittlig hoppøyde i repeterte spensthopp*. Bø: USN-avd Bø.
- Julio, U., Panissa, V., Esteves, J., Cury, R., Agostinho, M., & Franchini, E. (2017). Energy-System Contributions to Simulated Judo Matches. *Int J Sports Physiol Perform.* , 676-683.
- Kawakami, Y., Abe, T., & Fukunaga, T. (1993). Muscle-fiber Pennation Angles Are Greater in Hypertrophied Than in Normal Muscles. *J Appl Physiol*, 2740-4.
- Komi, P. (1992). *Strength and power in sports*. Oxford: Blackwell Science.
- Kraemer, W., & Newton, R. (2000). Training for muscular power. *Phys . Med Rehabil Clin N Am.*, 341-368.
- Kraemer, W., & Ratamess, N. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, 674-688.
- Legaz-Arrese, A., Reverter-Masía, J., Munguía-Izquierdo, D., & Ceballos-Gurrola, O. (2007). An Analysis of Resistance Training Based on the Maintenance of Mechanical Power. *J Sports Med Phys*, 427-436.
- Lopez-Segovia, M., Pareja-Blanco, F., Jimenez-Reyes, P., & Gonzales-Badillo, J. (2015). Determinant Factors of Repeat Sprint Sequences in Young Soccer Players. *Int J Sports Med*, 130-6.
- Luebbbers, P., Potteliger, J., Hulver, M., Thyfault, J., Carper, M., & Lockwood, R. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *J Strength Cond Res*, 704-709.

- Lundby, C., Montero, D., & Joyner, M. (2017). Biology of VO₂max: looking under the physiology lamp. *Acta Physiologica*, 218-228.
- Maffiuletti, N., Aagaard, P., Blazevich, A., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol*, 1091-1116.
- Malisoux, L., Francaux, M., Nielens, H., & Theisen, D. (2006). Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *J Appl Physiol.*, 771-779.
- Manchado, C., Tortosa-Martínez, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013). Performance factors in women's team handball. Physical and physiological aspects - A review. *J Strength Cond Res*, 1708-19.
- Marcovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *J Sports Med*, 349-355.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2001). "Energy for physical activity"; "Systems of energy delivery and utilization"; "Enhancement of energy capacity"; "Appendix A". I W. D. McArdle, F. I. Katch, & V. L. Katch, *Exercise Physiology, Fifth Ed* (ss. 108-222; 224-408; 459-595; 1051-1062). Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins.
- McCaulley, G., Cormie, P., Cavill, M., Nuzzo, J., Urbiztondo, Z., & McBride, J. (2007). Mechanical efficiency during repetitive vertical jumping. *Eur J Appl Physiol.*, 115-23.
- McGinnis, P. (1999). Linear kinetics - Work, Power and Energy - Torques and moments of force. I P. McGinnis, *Biomechanics of sport and exercise* (ss. (105-112)-(115-117)-(131-132)). Champaign, IL: Human Kinetics.
- McNeal, J., Sands, W., & Stone, M. (2010). Effects of fatigue on kinetic and kinematic variables during a 60-second repeated jumps test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 218-229.
- Medbø, J., & Tabata, I. (1989). Relative Importance of Aerobic and Anaerobic Energy Release During Short-Lasting Exhausting Bicycle Exercise. *Relative Importance of Aerobic and Anaerobic Energy Release During Short-Lasting Exhausting Bicycle Exercise*, 1881-6.
- Nevill, A., Ramsbottom, R., Nevill, M., Newport, S., & Williams, C. (2008). The relative contribution of anaerobic and aerobic energy supply during track 100-, 400- and 800 - m performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 138-42.
- Nimphius, S., McGuigan, M., & Newton, R. (2012). Changes in muscle architecture and performance during a competitive season in female softball players. *J Strength Cond res*, 2655-2666.
- Pearson, S., & McMahon, J. (2012). Lower Limb Mechanical Properties Determining Factors and Implications for Performance. *Sports Med*, 929-940.
- Raastad, T., & Refsnes, P. (2010). Styrketreningsmetoder. I T. Raastad, G. Paulsen, P. Refsnes, B. Rønnestad, & A. Wisnes, *Styrketrening i teori og praksis* (s. 127). Oslo: Gyldendal.

- Rønnestad, B., Hansen, E., & Raastad, T. (2011). Strength training improves 5- min all- out performance following 185 min of cycling. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 250-259.
- Rønnestad, B., Kvamme, N., Sunde, A., & Raastad, T. (2008). Short -term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 773-780.
- Rønnestad, B., Øfsteng, S., & Ellefsen, S. (2019). Block periodization of strength and endurance training is superior to traditional periodization in ice hockey players. *Scand J Med Sci Sports.*, 180-188.
- Sahlin, K. (2014). Muscle energetics during explosive activities and potential effects of nutrition and training. *Sports Med*, 167-173.
- Sánchez-Sixto, A., Harrison, A., & Floría, P. (2018). Larger Countermovement Increases the Jump Height of Countermovement Jump. *Sports*, 6(4):131. doi: 10.3390/sports6040131.
- Sands, W., McNeal, J., Ochi, M., Urbanek, T., Jemni, M., & Stone, M. (2004). Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 810-815.
- Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power events. I P. Komi, *Strength and power in sports* (ss. 381-395). Oxford: Blackwell Science.
- Semmler, J. (2002). Motor unit synchronization and neuromuscular performance. *Exerc Sport Sci Rev.*, 8-14.
- Spencer, M., & Gatin, P. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med Sci Sports exerc*, 157–162.
- Spurrs, R., Murphy, A., & Watsford, M. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur j Appl Physiol*, 1-7.
- Støren, Ø., Helgerud, J., Støa, E., & Hoff, J. (2008). Maximal Strength Training Improves Running Economy in Distance Runners. *Med. Sci. Sports Exerc*, 1089-1094.
- Suchomel, T., Nimphius, S., & Stone, M. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Med*, 46:1419-1449.
- Sunde, A., Johansen, J., Paulsen, G., Bråten, M., J, H., & Støren, Ø. (2019). Stronger Is Better: The Impact of Upper Body Strength in Double Poling Performance. *Front Physiol*, 10:1091.
- Sunde, A., Støren, Ø., Bjerkaas, M., Larsen, M., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). Maximal Strength Training Improves Cycling Economy In Competitive Cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2157-65.
- Taube, W., Leukel, C., & Gollhofer, A. (2012). How Neurons Make Us Jump: The Neural Control of Stretch-Shortening Cycle Movements. *Exerc Sport Sci Rev*, 106-115.
- Toji, H., Sueti, K., & Kaneko, M. (1997). Effects of Combined Training Loads on Relations Among Force, Velocity, and Power Development. *Can J Appl Physiol*, 328-36.

- Van Cutsem, M., Duchateau, J., & Hainaut, K. (1998). Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol*, 295-305.
- Vikmoen, O., Raastad, T., Ellefsen, S., & Rønnestad, B. (2020). Adaptions to strength training differ between endurance trained and untrained women. *European Journal of Applied Physiology*, online. Ahead of print. DOI: 10.1007/s00421-020-04381-x.
- Wickiewicz, T., Roy, R., Powell, P., & Edgerton, V. (1983). Muscle Architecture of the Human Lower Limb. *Clin Ortop Relat Res*, 275-83.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med.*, 285-8.
- Østerås, H., Helgerud, J., & Hoff, J. (2002). Maximal Strength-Training Effects on Force-Velocity and Force-Power Relationships Explain Increases in Aerobic Performance in Humans. *Eur J Appl Physiol*, 255-63.
- Åstrand, P., Rodahl, K., Dahl, H., & Strømme, S. (2003). "The muscle and its contraction" - "Evaluation of physical performance on the basis of tests" - "Fatigue". I P. Åstrand, K. Rodahl, H. Dahl, & S. Strømme, *Textbook of work physiology* (ss. 42-46; 67; 290 - 468). Windsor: Human Kinetics.

Vedlegg 1

Informasjon og samtykkeskjema



Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt (Masteroppgave)

Bakgrunn og hensikt

Dette er en forespørsel til deg om deltagelse i en forskningsstudie hvor hensikten er å undersøke sammenhengen mellom en repetisjon maksimum (1RM) i knebøy, Maksimalt oksygen opptak (VO_{2max}) og resultat på gjentatte spenstopp med svikt i 60sek (CMJ_{60sek}). På bakgrunn av eventuell sammenheng så er det interessant å se på hvilken overføringsverdi dette kan ha for prestasjonsevnen i ulike idretter.

Flere studier har sett på evnen til repetert sprint (RSA) og sammenhengen mellom maksimal styrke og VO_{2max} . Disse studiene har benyttet seg av ulike høyintensive sprinter med ulik lengde og varighet. Tar vi utgangspunkt i utførelsen av RSA ser vi at dette er en høyintensiv anaerob aktivitet som innehar korte pauser. I og med at de korte pausene mellom høyintensitetsarbeidet er for korte til komplett restitusjon vil arbeidet etter hvert bli preget av redusert effekt på grunn av trøtthet (Gastin 2001, Bangsbo et al). De samme mekanismene vil trolig være gjeldende under CMJ_{60sek}. Dermed vil dette studiet kunne være med på å gi økt forståelse om muskulær trøtthet.

Hva innebærer studien?

Studien innebærer at du som deltager blir med på et testopplegg som går over to økter og innenfor to uker. Den første testen er CMJ_{60sek}, og denne utføres på økt 1. I økt 2 gjennomføres først maksimalt oksygenopptak og deretter 1 RM i knebøy utført i Smith maskin. Disse testene blir gjennomført på testlaboratoriet på Universitet i Sørøst-Norge (USN).

Hvem ønsker vi som deltakere?

Friske personer mellom 18 og 30 år (kvinner og menn) som har fylt ut egenerklæringsskjema om helse (vedlagt) og som har lyst til – og regner med å tåle testene som beskrevet over.

Mulige fordeler og ulemper

Som deltaker vil du få oppgitt dine personlige testresultater. Testresultatene kan være et verdifullt verktøy i ditt selvstendige treningsarbeid. Ulempene kan være fysisk slitsom testing. Gjennomført riktig er skaderisikoen ved disse testene liten, men man kan aldri utelukke helt at skader vil kunne oppstå.

Hva skjer med prøvene og informasjonen om deg?

Informasjonen som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet i hensikten med studien. Alle testresultater vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennerende opplysninger. En kode (ID nummer) knytter deg til dine opplysninger og resultater. Dette betyr at opplysningene er aidentifisert. Det er kun personell knyttet til prosjektet som har adgang til kobling mellom ID og navneliste. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i resultatene av studien når disse publiseres i masteravhandlingene.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke til å delta i studien. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen i dette skjema, samt egenerklæringsskjema om helse. Selv om du sier ja til å delta, kan du når som helst trekke tilbake ditt samtykke uten at det får konsekvenser for deg.

Rett til innsyn og sletting av opplysninger om deg og sletting av prøver

Deltakerne har rett til å få innsyn i personlige data som registreres. Deltakerne har videre rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene vi har registrert. Dersom deltakere trekker seg fra studien, kan de kreve å få slettet innsamlede prøver og opplysninger, med mindre opplysningene allerede er inngått i analyser eller brukt i vitenskapelige publikasjoner.

Kontaktperson

Dersom du har spørsmål om prosjektet kan du ta kontakt med:

Masterstudent Jan Magne Kaasene, tlf 90965689, e-mail: jan.magne.kaasene@vtfk.no

Samtykke til deltakelse i studien.

Jeg er villig til å delta i studien

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Jeg bekrefter å ha gitt informasjon om studien

(Signert, rolle i studien, dato)

Vedlegg 2

Egenerklæring helse



Egenerklæringskjema om helse

Efternavn:	Fornavn:	Født:
Høyde:	Vekt:	Lag / forening / studie:
Telefon:	Telefon kontaktperson:	

Siden det er første gang du testes ved idrettsfysiologisk testlaboratorium, ber vi deg lese nøye igjennom alle spørsmålene på denne listen. Kryss av enten JA eller NEI for hvert spørsmål. Dette er viktig i forhold til hvordan vi gjennomfører testingen av deg.

	JA	NEI	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til at du har en hjertesykdom?
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hender det at du får brystmerter i hvile eller i forbindelse med fysisk aktivitet?
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til at du har høyt blodtrykk?
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker du for tiden medisiner for høyt blodtrykk eller hjertesykdom (f.eks vaandrivende tabletter?)
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Røyker du?
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker du sms?
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kjenner du til om du har høyt kolesterolnivå i blodet?
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du besvimt siste 6 måneder i forbindelse med fysisk aktivitet?
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hender det at du mister balansen på grunn av svimmelhet?
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du sukkersyke?
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Er du fysisk inaktiv og har et stillesittende arbeid?
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bruker medisiner fast – mot:
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Har du eller har du hatt en luftveisinfeksjon i løpet av siste uke?

Jeg / vi har også lest i gjennom forberedelseskjema for testen, og er inneforstått med hvordan testen foregår.

.....
Dato Underskrift

.....
Dato Underskrift av foresatt dersom testpersonen er under 18 år

