



AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

ESTIMERING AF 1RM

UD FRA VÆGT-/HASTIGHEDSFORHOLDET I TO STYRKETRÆ- NINGSØVELSER MED FRIE VÆGTE

Andreas Uni Kjeldgaard-Man, Sport Science/Ildræt

Studie nr.: 20112979

Gruppe nr.: 19gr10612

Gruppe mail: 19gr10612@hst.aau.dk



31/1 2020

ABSTRACT

Aim: to investigate which indirect methods (IDM) are the most accurate in estimating one repetition maximum (1RM), measured by the level of agreement between IDM and the direct method (DM). The two IDM used to estimate 1RM in two free weight strength exercises, which were bench press (BP) and back squat (SQ), are XRM (XRM) and the load-velocity-based method (LVM). The LVM is based on the same methods used in previous research. The main difference between this project and previous research, was that the two strength exercises BP and SQ were performed with free weights. Also, in previous research was both the force-velocity-based method (FVM) and the LVM investigated, whereas there in this study only was investigated the LVM. Furthermore, were there in previous research only recorded the concentric muscle part of the exercise, where there in this study would be recorded on both the eccentric and concentric part of the exercise. This study included analysis by level of agreement between 1RM found using DM and 15 estimation formulas. The method used to determine the level of agreement between DM and IDM were Bland-Altman analysis (B&A).

Methods: 26 healthy subjects ($24,2 \pm 5,3$ year; $BMI\ 24,9 \pm 3,7 \frac{kg}{m^2}$) with a minimum of one year experience in free weight resistance-training were volunteered to participate in this project. They had to perform a 1RM test in both BP & SQ and an XRM-protocol, which consisted of a lift preformed until failure with a weight corresponding to 80% of 1RM in both exercises. Both protocols and both exercises were performed with free weights. During the 1RM test the load-velocity data were recorded with a linear encoder kit (Chronojump, Boscosystem ®).

Results: The indirect methods used in this project were respectively 15 different XRM formulas, referred to as XRM, and the LVM in both BP and SQ

respectively. The XRM and LVM results were compared with the results obtained in the DM protocol, to determine the level of agreement between the two methods. The mean 1RM in SQ was $106,7\text{ kg} (\pm 37,7)$ for DM and $114,8\text{ kg} (\pm 40,3)$ for LVM ($SEE = 14,3\text{ kg}$), whereas the mean 1RM in BP was $68,4\text{ kg} (\pm 30,9)$ for DM and $78,7\text{ kg} (\pm 37,4)$ for LVM ($SEE = 10,3\text{ kg}$). Good agreement between the DM and the XRM in the BP exercise emerged from the B&A analysis in formulas 3, 5, 6, 9, 10, 11, 13, and 15. Good agreement between the DM and the XRM in the SQ exercise emerged from the B&A analysis in the formulas 1, 5, 7, 9, 10, 11, and 13. Whereas poor agreement between DM and LVM emerged from the B&A analysis in both BP and SQ and poor agreement was found between the remaining XRM formulas. Especially in formula 12 in both exercises. This was also the case even after log transformation of the dataset was performed.

Conclusion: The LVM alone may be insufficient to estimate 1RM in the two free weight exercises back squat and bench press. If possible, it is recommended to use both the LVM and the FVM like it is done in previous research to estimate 1RM, before the LVM is dispatched. The XRM indirect test gave 8 good agreement in BP and 7 good agreement in SQ, according to B&A analysis. The most accurate formula which can be used as a predictor in BP performed with free weights, where repetition weight in kg (RepWt) and repetitions to failure (RTF), was Formula 9 made by Lombardi. Formula 9 gave $\mu = 0,7\text{ kg}$ and $\text{bias} = 4,9\text{ kg}$, these values were found by the B&A analysis, which indicate that there is a good agreement between DM and XRM. The most accurate formula which can be used as a predictor in SQ performed with free weights, was Formula 10 made by Mayhew. Formula 10 gave $\mu = 1,5\text{ kg}$ and $\text{bias} = 7,9\text{ kg}$, these values were found by the B&A analysis, which indicate that there is a good agreement between DM and XRM.

FORORD

Dette speciale er udarbejdet af Andreas Uni Kjeldgaard-Man, gruppenummer: 19gr10612, ved Institut for Idræt, School of Medicine and Health (SMH) på Aalborg Universitet, som er udarbejdet i forbindelse med gruppens afsluttende speciale. Det var en en-mands-gruppe hvor gruppemedlemmet var to-fags-studerende med Idræt som hovedfag og Matematik som sidefag. Dette speciale er udarbejdet i perioden fra d. 2/9 2019 til og med d. 31/1 2020.

Gruppen har valgt at undersøge hvilken estimeringsmetode som kan anvendes til at estimere 1RM nøjagtigt i to frivægtsstyrketræningsøvelser. Dette videnskabelige forsøg læner sig opad tidligere studiers metodik og fremgangsmåde. Der er valgt at undersøge 16 forskellige indirekte estimeringsmetoder som blev sammenlignet med 1RM fundet ved den direkte metode, som fulgte NSCA guidelines. For at vurdere hvor sammenlignelige metoderne var blev der undersøgt i hvilken grad overensstemmelsen var til stede i form af Bland & Altman analyse.

Gruppen vil, i denne forbindelse gerne sige stor tak til de 26 forsøgspersoner som frivilligt stillede op til det videnskabelige forsøg. Derudover skal der lyde en stor tak til Aalborg Universitet for at låne redskaber og lokaler, som skulle anvendes i forbindelse med det videnskabelige forsøg, dertil skal der lyde en stor tak til kontaktpersonerne fra Idrætsslab. Slutteligt vil gruppen gerne takke vejleder Mathias Vedsø Kristiansen for en god, lærerig og konstruktiv vejledning. Du har været umådelig behjælpelig igennem hele projektforløbet og har haft en hurtig respons, trods dit travle skema.

Andreas Uni Kjeldgaard-Man

INDHOLDSFORTEGNELSE

ABSTRACT	1
FORORD.....	4
INDHOLDSFORTEGNELSE	5
ABBREVIATIONS	7
INDLEDNING.....	9
Problemformulering	14
METODE.....	14
Forsøgspersoner.....	14
Forsøgsdesign	15
Antropometriske målinger	16
Klargøring af udstyret.....	17
Udstyrsliste	18
Opvarmning	18
Squat opvarmningsprotokol	19
Bænkpres opvarmningsprotokol	20
Test protokol	21
Squat protokol	22
Bænkpres protokol	26
Databehandling	30
Statistik.....	37
RESULTATER	41
DM Vs. LVM.....	44
Bænkpres	44
Squat	45

DM VS. XRM Formler	46
Bænkpres	46
Squat	61
DISKUSSION.....	76
LVm	76
XRM	83
KONKLUSION	88
REFERENCER	91
BILAG	102
SoMe opslaget	102
Samtykkeerklæring	104
Forsøgsinformation.....	106
Artikelsøgningskriterierne	110
BP Outlier	111
SQ Outlier.....	112

ABBREVIATIONS

1RM	One repetition maximum
XRM	The maximal possible number of repetitions
SQ	Squat
BP	Bench press
DM	Direct method
IDM	Indirect method
LVM	Load-velocity-based method
FVM	Force-velocity-based method
F_1-F_{15}	The 15 indirect 1RM estimation formulas
ROM	Range of motion
B&A	Bland-Altman plot
COR	The Coefficient of Repeatability
r	Correlations Coefficient = ρ
RFD	Rate of Force Development
V_{mean}	Velocity mean values
V_{peak}	Velocity peak values
G	General warm up
SWU	Specific warm up
HR_{max}	Maximum Heart Rate
NSCA®	National Strength and Conditioning Association
RepWt	Repetition weight
RTF	Repetitions to fatigue
Reps	Repetitions to fatigue
μ	Expected value or Mean
SD	Standard Deviation
SE	Standard Error of the Mean
SEE	Standard Error of the Estimate
CI	Confidence Interval
BMI	Body Mass Index

Q-Q-plot	Quantile-quantile plot
R^2	The Coefficient of Determination
OL	Outlier
IQR	The interquartile range
Q_1	The lower quartile or the first quartile
Q_3	The upper quartile or the third quartile
V_{1RM}	The Mean Concentric Velocity at 1RM
GEE	Generalized Estimating Equations

INDLEDNING

Styrketræning er en bred betegnelse for fysisk aktivitet, hvor der arbejdes med en modstand eller en belastning, hvor fokus er på at forbedre den atletiske præstation, såvel som at styrke muskler, knoglemassen og ændre kroppens æstetik (Folland & Williams, 2007). Det er bevist, at styrketræning øger aktiveringen af motoriske enheder (Cormie et al., 2010), rate of force development (RFD) (Aagaard et al., 2002) og der er tilknyttet en markant forøgelse af muskulær styrke (Häkkinen et al., 1988b; Kraemer et al., 1998; Folland & Williams, 2007). Program designet af et individuelt styrketræningsprogram er afhængigt af korrekt manipulation og anvendelse af flere variabler såsom intensitet (Ratamess et al., 2009; Sale, 2008; Fleck, 1988), volumen (Häkkinen et al., 1988a; Tesch et al., 1987; Ratamess et al., 2007; Kraemer & Ratamess, 2005), øvelsesvalg (Chilibeck et al., 1998; Stone et al., 1998; McCurdy et al., 2005) og restitutionperioder mellem sæt og mellem træningspas (Kraemer et al., 1987; Ratamess et al., 2007; Kraemer & Ratamess, 2005). Dvs. at disse variabler og deres effekt på træningsresponsen er vigtige parametre at have i mente ved et styrketræningsprogram alt efter, hvilket resultat der ønskes opnået. For at kunne angive, hvilken intensitet der skal løftes med, er det nødvendigt at kende en persons one repetition maximum (1RM). 1RM er defineret som én gentagelse med den tungeste vægt som vedkommende kan løfte korrekt én gang i hele bevægebanen. Fagpersoner bruger 1RM som rettesnor til at fastlægge et individuelt styrketræningsprogram. Det er en praktisk måde at definere intensiteten ved en styrketræningsøvelse til at fremkalde specifikke muskelstyrke adaptationer (Fleck & Kraemer, 2004). I den videnskabelige litteratur bruges 1RM til at vurdere muskelstyrke og effekten af forskellige træningsprotokoller. For at bestemme 1RM kan der blandt andet benyttes en direkte metode (DM) eller en indirekte metode (IDM). Den direkte metode består i at løfte gradvist tungere og tungere vægte indtil vægten kun kan løftes præcist én gang, hvorved 1RM er bestemt. Denne metode kaldes også trial-and-error

metoden (McMaster et al., 2014). En ulempe ved den direkte metode er, at det kan være svært at ramme netop den vægt, der gør, at udøveren kan løfte vægten præcis én gang. Ofte skal der bruges flere forsøg, hvilket gør metoden mere tidskrævende, upræcis og udtrætning kan være et problem (Chandler, 1997; Niewiadomski et al., 2008). Derudover er den direkte metode upraktisk ved store hold og den kan fremkalde muskelskader og træthed, der potentielt forringer træningspræstationen de efterfølgende dage (Ibid.). Ved bestemmelsen af 1RM bliver der løftet tunge vægte, hvilket kan øge risikoen for skader pga. musklerne, knoglerne og vævet udsættes for et større stress (Rontu et al., 2010). Dette er især gældende for novicer, dvs. at det kan være svært for novicer at finde deres egentlige 1RM, da de mangler den teknik der kræves til at håndtere tunge vægte sikkert. Dette er især gældende ved frie vægte, og derudover kan novicerne hurtigere opleve udmattelse inden de har opnået deres egentlige 1RM (Brown & Wier, 2001; Niewiadomski et al., 2008). Det kræver altså en vis træningserfaring at kunne teste 1RM på en sikker måde og derved finde éns præcise 1RM. Derfor har det været forsøgt at finde andre metoder til bestemmelsen af styrken som erstatning til den direkte metode, hvor de samme negative følgevirkninger ikke er til stede, hvilket har ført til de indirekte metoder. Den mest populære indirekte metode til at estimere 1RM er at løfte en submaksimal vægt indtil udmattelse også kaldet XRM. Selve 1RM kan da estimeres ved hjælp af en matematisk regressionsformel, hvor den løftede vægt og antallet af gentagelser indtil udmattelse indgår som formlens variable (Jidovtseff et al., 2011; Rontu et al., 2010). Forskere er kommet op med utallige formler, som er baseret på antallet af gentagelser indtil udmattelse (LeSuer et al., 1997; Mayhew et al., 2008; Reynolds et al., 2006). Formålet med den indirekte metode er at overvinde begrænsningerne af den tidskrævende direkte metode. Der er evidens for, at 1RM kan estimeres med en meget høj korrelation ud fra matematiske regressionsmodeller, hvorefter den estimerede 1RM sammenlignes med den 1RM som er fundet ved den direkte metode

(Cummings & Finn, 1998; Horvat et al., 2003; Mayhew et al., 2002; Ware et al., 1995; Whisenant et al., 2003; Reynolds et al., 2006; Abadie & Wentworth, 2000; Dohoney et al., 2002; Kim et al., 2002; Kravitz et al., 2003; Mayhew et al., 1995). Det er blandet andet vist, at hvis der anvendes tungere vægte med færre gentagelser så giver det en mere præcis estimering af 1RM kontra at løfte lettere vægte og derved tage flere gentagelser. Der er en høj korrelation mellem 1RM og antallet af gentagelser, når der maksimalt er 10 gentagelser (Cummings & Finn, 1998; Horvat et al., 2003; Mayhew et al., 1995; Mayhew et al., 2002; Ware et al., 1995; Whisenant et al., 2003). Da XRM påvirkes af mange variable og derved ikke giver et nøjagtigt estimat af 1RM i den pågældende styrketræningsøvelse sættes der spørgsmålstegn ved validiteten. Variablerne kan være træningstype, alder, køn, træningsniveau, træningserfaring, udmattelse, antallet og kadencen af de udførte gentagelser (Mayhew et al., 2008; Reynolds et al., 2006; Kim et al., 2002; Fleck & Kraemer, 2004). Disse faktorer mindskes, desto flere oplysninger der kendes om vedkommendes biomekaniske arbejde, som er relateret til løftet (Kipp et al., 2012; Picerno et al., 2016). Det er derfor nødvendigt at finde en alternativ metode til at estimere 1RM ved hhv. styrketræningsøvelser udført med frie vægte og i et Smith stativ. Denne alternative 1RM estimeringsmetode bør bestræbe sig på ikke at have de samme begrænsninger som der er til stede ved hhv. XRM og ved den direkte metode. (Ruf et al., 2018). Derfor er forskerne begyndt at bruge diverse måleredskaber til at få data, der kan afdække nogle af disse variable og derved benytte disse til at estimere 1RM ved brug af matematiske regressionsmodeller. Det første måleredskab, som blev benyttet til at måle gennemsnits løftehastighed af en vægtstang, var to fotoceller, der kunne registrere løftetiden (Bosco et al., 1995). Nogle af de andre måleredskaber som blev anvendt af videnskaben, er baseret på wiremålere, inert sensorer (accelerometre, gyroskoper og magnetometre) og mange forskellige dynamometre. Disse hjælpemidler er blevet lavet for at kunne måle løftehastigheden af et givent løft

(Bosquet et al., 2010; González-Badillo et al., 2010; Jane, 1995; Jidovtseff et al., 2008; Lund et al., 2006; Meylan et al., 2015; Rahmani et al., 2001). Orange et al. (2019) undersøgte en håndholdt inertimåler (PUSH, PUSH, Inc., Toronto, Canada) sammenlignet med et dyrere måleapparat (GymAware PowerTool [GYM]; Kinetic Performance Technologies, Canberra, Australia), hvor de konkluderede at flere undersøgelser var nødvendige for at kunne sige noget præcist ift. hastighedsmålinger og styrkemålinger udført med disse to måleredskaber. Derfor begyndte man at bruge matematiske modeller som inkluderede data om løftehastigheden til at estimere 1RM, hvilket gav et mere præcist resultat (Mayhew et al., 2008; Jidovtseff et al., 2011; Picerno et al., 2016; Sayers et al., 2018). Banyard et al. (2017) & Hughes et al. (2018) stiller spørgsmålstegn ved anvendeligheden af ligningerne som inddrager vægt-/hastighedsforholdet til at estimere 1RM, hvorimod Sayers et al. (2018) mener at sådanne ligninger godt kan benyttes. Milone & Erdos (2017) understreger vigtigheden af supervision ved hastighedstræning med tunge vægte. Hvor denne supervision sker af faguddannet personale for at undgå skader og udmattelse. Spitz et al. (2019) sammenlignede vægtstangshastigheden mellem front squat og back squat på tværs af alle submaksimale intensitetbelastninger og konkluderede at deres fremgangsmåde kan anvendes til implementering af hastighedsbaseret styrketræning.

Målingerne lavet af Picerno et al. (2016) & Sayers et al. (2018) blev udført i et Smith stativ, så løftet kun blev udført i det vertikale plan. Derudover blev der ved målinger udført af Picerno et al. (2016) kun målt på den koncentriske del af løftet, hvorfor det ikke var særligt specifikt ift. træning med frie vægte. Sayers et al. (2018) målte både på den koncentriske og excentriske muskelfase ved bænkpres udført i et Smith stativ og deres resultater indikerer, at disse vægt-/hastighedsmålinger målt med en linear position transducer, estimerede 1RM præcist, hvor de anvendte V_{peak} til estimeringen af 1RM og V_{mean} . Deres resultat gav, at både V_{peak} og V_{mean} kunne anvendes

til at estimere 1RM præcist i bænkpres øvelsen udført i et Smith stativ, hvor de havde målt på 30%, 40% og 50% af 1RM, men at V_{peak} gav det mest præcise resultat, de konkluderede derfor at på en sund og rask målgruppe kunne 1RM estimeres præcist i bænkpres udført i et Smith stativ ved relativt lave vægte. Picerno et al. (2016) anvendte kun V_{mean} til estimeringen af 1RM. Ved Sayers et al. (2018) havde forsøgspersonerne minimums et års styrke-træningserfaringen målt ved minimum 2 træningspas pr. uge. Ved træning med frie vægte er der bevægelser i alle retninger samt en koncentrisk og excentrisk fase. Spørgsmålet er, om denne beregningsmetode med V_{mean} , som blev anvendt af Picerno et al. (2016) opretholder dets præcise resultat ved løft med frie vægte, hvor den excentriske fase kommer før den koncentriske fase. Yderligere sættes der helt andre krav til udøveren, såsom tekniske færdigheder og kunnen, for at løfte med frie vægte, da udøveren skal koordinere løftet i alle tre plan og ikke kun det vertikale plan som ved løft i et Smith stativ.

Formålet med dette projekt er at undersøge, hvad den mest præcise metode er til indirekte at estimere 1RM i to frivægtsstyrketræningsøvelser og hvor nøjagtigt denne estimering er. Der anvendes 15 XRM-formler til at estimere 1RM som sammenlignes med den 1RM, som er fundet ved den direkte metode. Derudover følges den fremgangsmåde og metodik som Picerno et al. (2016) benyttede i deres projekt til at estimere 1RM ud fra vægt-/hastighedsforholdet. Det forsøges at eftervise om deres resultater af den estimerede 1RM fundet ud fra vægt-/hastighedsforholdet ved to styrketræningsøvelser som var hhv. ben pres og bænkpres udført i et Smith stativ (Picerno et al., 2016), kan sammenlignes med estimeringen af 1RM ved to styrketræningsøvelser med frie vægte, hvor estimeringen er lavet ud fra vægt-/hastighedsforholdet og ved de 15 XRM-formler. De to styrketræningsøvelser som er valgt, på baggrund af overførbareheden mellem Picerno et al (2016) og denne rapport, er hhv. back squat og bænkpres. Dette leder hen til projektets problemformulering som er:

PROBLEMFORMULERING

Hvorledes kan 1RM estimeres nøjagtigt, ud fra to indirekte metoder, ved styrketræningsøvelserne bænkpres og back squat udført med frie vægte? Hvor de to indirekte metoder er hhv. vægt-/løftehastighedsforholdet og 15 XRM-formler hvor estimatet sammenlignes med 1RM estimatet fundet ved den direkte metode.

- Kan disse to estimeringsmetoder sammenlignes med tidligere indirekte estimeringsmetoder, hvor der kun blev målt på koncentrisk muskelarbejde udført i et Smith stativ?

METODE

FORSØGSPERSONER

Inklusionskriterierne i dette projekt er at der ønskes sunde og raske personer med minimum et års erfaring inden for styrketræning med frie vægte, som er i alderen 18-50 år til frivillig deltagelse i det videnskabelige forsøg. Ved et års styrketræningserfaring menes der at vedkommende minimum trænede to gange ugentlig i løbet af det forgangne år (Sayers et al., 2018).

Eksklusionskriterierne i dette projekt er personer som aldrig har styrketrænet med frie vægte før eller som har skader, der begrænser dem i at udføre styrkeløftet. For at blive ekskluderet helt skulle det være begge styrketræningsøvelser, man ikke kunne udføre grundet skaden. Derudover vil personer der har elite niveau inden for tungt styrkeløft blive ekskluderet fra at deltage i dette forsøg.

Der blev taget kontakt til en styrkeløftsclub i Aalborg, hvor de fik forsøgsinformationerne tilsendt, hvilket gav klubbens medlemmer et indblik i projektet. Derudover blev forsøgsinformationerne sendt ud på Idræts forskellige Facebooksider og sendt som privat beskeder til relevante personer. Der blev

også offentliggjort et opslag på de sociale medier. Dette opslag kan findes i bilagene under titlen Facebook Opslag.

Der var i alt 26 forsøgspersoner hvoraf 15 var mænd og 11 var kvinder i alderen $24,2 \pm 5,3$ år; BMI $24,9 \pm 3,7 \frac{kg}{m^2}$.

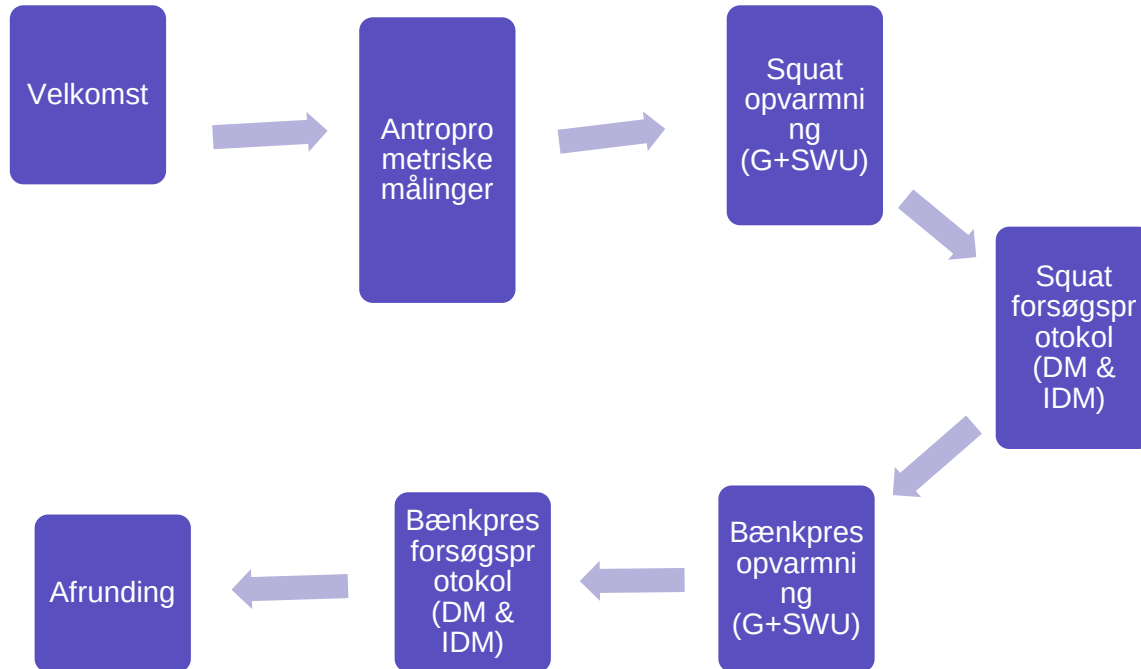
Tabel 1 - Data om forsøgspersonerne. Værdierne er gennemsnittet (μ) afrundet til et decimal $\pm$ SD afrundet til en decimal. 1RM værdierne er de værdier som er fundet ved den direkte test.

$n = 26$	Mænd = 15	Kvinder = 11
Alder [år]	25 ($\pm 6,4$)	23,1 ($\pm 3,3$)
Vægt [kg]	89 ($\pm 14,3$)	69,3 ($\pm 10,6$)
Højde [cm]	183,6 ($\pm 5,5$)	169,2 ($\pm 5,6$)
BMI [kg/m^2]	25,9 ($\pm 3,7$)	23,6 ($\pm 3,4$)
Squat håndafstand [cm]	73,4 ($\pm 10,5$)	57 ($\pm 10,3$)
Squat fodafstand [cm]	41,8 ($\pm 4,6$)	35 ($\pm 5,4$)
1RM Squat [kg]	126,6 ($\pm 35,6$)	80,2 ($\pm 11,7$)
Bænkpres håndafstand [cm]	66,8 ($\pm 7,4$)	58,4 ($\pm 10,4$)
Bænkpres fodafstand [cm]	49 ($\pm 8,2$)	50,2 ($\pm 9,5$)
1RM Bænkpres [kg]	37,8 (± 7)	88,8 ($\pm 22,1$)

FORSØGSDESIGN

Alle forsøgspersonerne var bekendt med at de inden for 24 timer før testen ikke måtte have indtaget alkohol, euforiserende stoffer, præstationsfremmende stoffer, koffeinholdige produkter, og at de ikke måtte have dyrket hård fysisk aktivitet.

Herunder ses en grafisk oversigt over testen afvikling.



Figur 1 - Her ses et grafisk overblik over testen og i hvilken rækkefølge de forskellige protokoller vil blive udført. (G) står for generel opvarmning, (SWU) står for specifik opvarmning, (DM) står for den direkte metode og (IDM) står for den indirekte metode, som benyttes til at estimere 1RM.

ANTROPOMETRISKE MÅLINGER

Efter at forsøgspersonerne var ankommet til idrætslaboratoriet, blev der dobbelttjekket at samtykkeerklæringen var underskrevet og at indholdet af forsøgsinformationerne var forstået. Herefter klædte personerne om til deres selvvalgte træningstøj. Forsøgspersonernes højde og kropsvægt blev målt i idrætslaboratoriet som det første ved testen, hvilket fungerede som baselinemålinger. Højden blev målt ved at placere forsøgspersonen med ryggen op ad en væg, hvor vedkommendes hæle, bagdel, ryg, skulder og hoved hele tiden var i kontakt med væggen. Højden der blev noteret, er fra gulv niveau til toppen af hovedet. Derefter blev forsøgspersonerne bedt om at placere sig på en digital kropsvægt i det samme tøj som

forsøgspersonerne havde tiltænkt sig at udføre testen i. Til sidst blev forsøgspersonerne bedt om at informere forskeren om deres fødselsdato. Alle data blev noteret i et individuelt Excel dokument og indtastet i en individuel Chronojump-profil, hvorefter alle data blev anonymiseret, så hver forsøgsperson havde deres eget ark inde i det samme Excel dokumentet og deres egen profil i Chronojump softwaren. Alle oplysningerne blev behandlet med stor fortrolighed, så forsøgspersonernes data kun var kendte af dem selv og forskeren.

KLARGØRING AF Udstyret

Efter at have udført de antropometriske målinger af forsøgspersonerne, blev de to styrketræningsøvelser klargjort ved at være indstillet til den pågældende forsøgsperson. Da begge øvelser blev udført med frivægte, var det vigtigt, at dette blev ensartet. Ved Testen blev der fundet 1RM via den direkte metode. Der blev også monteret et potentiometer på vægtstangen. Det var vigtigt for at sikre ensartet testning og for at højne reproducerbarheden, at alle relevante indstillinger ved de to styrketræningsøvelser blev noteret (Hansen, 2012). Ved squat benyttede projektgruppen en snor som forsøgspersonerne skulle ramme med baglåret, så alle udførte samme bevægelse. Altså blev denne snor indstillet så det passede med forsøgspersoners lårben skulle ned i vandret position. Den bevægelse som der blev målt ved squat øvelsen bestod i at forsøgspersonerne modtog vægtstangen hvorefter de skulle udføre den excentriske fase i et kontrolleret tempo, indtil vedkommende ramte snoren med baglåret, hvorefter de skulle udføre den koncentriske fase så hurtigt som overhovedet muligt. Forsøgspersonerne blev bedt om at stille sig med skulderspredte ben, hvor der blev målt afstanden mellem vedkommendes skos svange.

Ved bænkpres blev det gjort tydeligt hvilken range of motion (ROM) der var tale om, hvilket var fra forsøgspersonerne modtager vægtstangen, og så skal vedkommende påbegynde den excentriske fase helt ned til brystkassen i en kontrolleret bevægelse. Når brystkassen rammes, så påbegyndes den

koncentriske fase så hurtigt som overhovedet muligt. Grebet på vægtstangen var det forsøgspersonerne var vant til, dette blev dog målt og noteret ved hver enkel forsøgsperson, da det antages at hvis forskeren satte et fast mål på grebet ville det ikke gavne forsøgspersonerne. Alle data blev noteret i det individuelle Excel ark.

UDSTYRSLISTE

- Seca 222 højdemåler til væg, professional
- Tanita Corp. BWB-800S Doctors Scale
- Monark Peak Bike Ergomedic 894 E
- Powerrack 15-001 fra ER Equipment Denmark
- Bænk fra ER Equipment Denmark
- OL-vægtskiver 1,25 - 25 kg, Ø50mm. fra Peak Fitness
- OL-vægtstang 6 kg, diameter 20mm.
- OL-vægtstang 20 kg, diameter 45mm.
- Fire 1 kg vægt skiver
- Malertape
- 5m målebånd, 72mm. bredt (Taschenbandmaß 573 509)
- 3m Snor
- Chronojump Boscosystem® Linear Encoder Kit
- Chronojump Boscosystem® Chronopic (for encoder)
- Dell Laptop med Windows 10 Education, som var tilsluttet Chronojump Boscosystem ® software version 1.9.0

OPVARMNING

Da de to styrketræningsøvelser aktiverede både underkropsmuskulaturen og overkropsmuskulaturen bestod opvarmningen derfor af en todelt opvarmningsprotokol med fokus på den gældende muskelgruppe. Den generelle opvarmning (G), havde fokus på at varme muskulaturen op og den specifikke opvarmning (SWU) skulle forsøge at øge den neuromuskulære

aktivering. Den specifikke opvarmning foregik med den 20kg tomme vægtstang der blev anvendt i begge styrketræningsøvelser. Det var tilladt at udføre dynamisk udstrækning ved dette forsøg (Hughes et al., 2018). Under begge opvarmningsprotokoller var potentiometret monteret på vægtstangen og diverse mål blev noteret.

SQUAT OPVARMNINGSPROTOKOL

Først blev hele underkroppen varmet op i 5 minutter med en moderat selvvalgt intensitet, hvilket svarede til ca. 60% af deres maksimale puls (Abad et al., 2011). [Tanakas formel: $HR_{max} = 208 - (0.7 \cdot \text{alder})$ (Tanaka et al., 2001) og Foxs formel: $HR_{max} = 220 - \text{alder}$ (Fox et al., 1972)].

- Den generelle opvarmning
 - Monark Peak Bike Ergomedic 894 E (Monark Exercise AB, Sweden), hvor forsøgspersonen cyklede i 5 minutter med 60-70 rpm på 1kp (70Watt) (Andersson, 2008; Abad et al., 2011; Hughes et al., 2018).
 - Efterfulgt af 5 minutters dynamisk udstrækning med øvelser som passede til squat øvelsen (Hughes et al., 2018). De øvelser som blev anbefalet var:
 - Udstræk af baller, hvor man ligger på ryggen og vugger
 - Høje spark
 - Udfaldsstræk til begge sider
 - Sidde på knæene og vippe med overkroppen
- Den specifikke opvarmning
 - Efter den dynamiske udstrækning udførte forsøgsp deltagerne 5 squat gentagelser med tom vægtstang (Andersson, 2008).
 - Under hele sessionen var forskeren til stede og gav stærk verbale opmuntring ved samtlige løft og vejledning (Andersson, 2008).

Derefter påbegyndte forsøgspersonerne protokollen ift. Squat.

BÆNKPRES OPVARMNINGSPROTOKOL

Først blev hele overkroppen varmet grundigt op i maksimalt 5 minutter.

- Den generelle opvarmning
 - 5 – 10 ·Passthroughs (Hvor forskerens instruktion var: "hold hænderne langt fra hinanden gør det lettere, hold hænderne tæt på hinanden for at øge sværhedsgraden"), øvelsen blev udført med vægtstangen uden vægt.
 - 5 – 10 ·Reverse grip passthroughs, øvelsen blev udført med vægtstangen uden vægt.
 - 5 – 10 ·Around the world og 5 – 10 ·reverse around the world, øvelsen udført med vægtstangen uden vægt.
 - 5 – 10 ·Scap push up (Hvor forskerens instruktion var: "Starten af en alm. Push up, hvor du får skulderbladene til at "røre" hinanden også op i neutral igen").
 - 5 – 10 ·Eksplorative push ups (Hvor forskerens instruktion var: "Uden at løfte sig for jorden, for at undgå skader og den koncentrerede fase skal ske så hurtigt som overhovedet muligt").
 - 5 – 10 ·Eksplorative push ups (Hvor forskerens instruktion var: "Nu burde kroppen være varmet nok op til ikke at få skader ved at få hang time, øvelsen kan udføres på knæene for dem der ikke kan klare det andet").
 - Efter disse øvelser blev gennemført blev forsøgspersonerne bedt om at lave 5 minutters dynamisk udstrækning med øvelser som passede til bænkpres øvelsen (Hughes et al., 2018). De øvelser som blev anbefalet var:
 - Udstræk brystet ved at samle hænderne på ryggen og lav vippebevægelser
 - Skuldersving (Brystet og biceps)

- Udstræk af arme (Triceps)
 - Skiftevis kat hvor man runder ryg og modsat
- Den specifikke opvarmning til bænkpres vil være følgende
 - Efter den dynamiske udstrækning udførte forsøgspersonerne 5 gentagelser i bænkpres med vægtstangen som det eneste (Andersson, 2008).
 - Under hele sessionen var forskeren til stede og gav stærk verbal opmuntring ved samtlige løft og vejledning under hele forløbet (Andersson, 2008).

Derefter påbegyndte forsøgspersonerne bænkpres testprotokollen.

TEST PROTOKOL

Der blev beskrevet en skridt for skridt vejledning som blev fulgt til punkt og prikke for hver forsøgsperson i laboratoriet. De to øvelser blev udført separat, for at sikre at de pågældende muskelgrupper var ordentligt varme inden selve testen blev udført, hvor alle først udførte squat. Det forventedes at hver øvelsesprotokol som minimum ville tage 30 minutter at gennemføre. Altså ville testen tage mindst en time at udføre. For at få en detaljeret beskrivelse af hver enkel protokol henvises der til de respektive afsnit herover og herunder.

- Forsøgspersonen blev ført over til den placering der var angivet til at lave squat med frivægte. Her blev vedkommende bedt om at påbegynde squatopvarmningsprotokollen som er inddelt i to; den generelle opvarmning og den specifikke opvarmning. Hvorefter at squattesten blev udført.
- Den generelle opvarmning til squat blev udført, hvorefter at den specifikke opvarmning til squat blev påbegyndt.
- Efter at den specifikke opvarmning til squat blev afsluttet. Blev forsøgspersonen bedt om at udføre squat test protokollen. Potentiometeret blev monteret før opvarmningens protokollen blev udført for at sikre at udstyret virkede inden de to test protokoller blev udført.

- Forsøgspersonen blev ført over til den placering der var angivet til at lave bænkpres med frivægte. Her blev vedkommende bedt om at påbegynde bænkpresopvarmningsprotokollen som er inddelt i to; den generelle opvarmning og den specifikke opvarmning. Hvorefter at bænkpres-testen blev udført.
- Den generelle opvarmning til bænkpres blev udført, hvorefter at den specifikke opvarmning til bænkpres blev påbegyndt.
- Efter at den specifikke opvarmning til bænkpres var afsluttet. Blev forsøgspersonen bedt om at udføre bænkpres test protokollen. Potentiometeret blev monteret før opvarmnings protokollen blev udført for at sikre at udstyret virkede inden de to test protokoller blev udført.
- Efter de to styrketræningsøvelses protokoller var gennemgået afsluttedes testen.

SQUAT PROTOKOL

Der var mindst 2 minutters pause mellem squat protokollen og squat opvarmningsprotokollen (do Nascimento et al., 2007).

I denne protokol fandtes 1RM ved den direkte metode. Det var vigtigt at pauserne blev overholdt for at undgå udmattelse. Ved hvert løft blev følgende introduktion givet: "Udfør løftet kontrolleret i den excentriske fase og så hurtigt du kan i den koncentriske fase af løftet, og sørg for at komme helt op til start positionen før næste løft påbegyndes". For at løftet kunne godkendes skulle følgende tre kontaktpunkter være opfyldt:

1. Hælen skal være i jorden under hele løftet.
2. Storetåen skal være i jorden under hele løftet.
3. Lilletåen skal være i jorden under hele løftet.

Hvis disse tre kontaktpunkter er opfyldt, skulle vægten gerne være jævnt fordelt.

Der blev givet tre til fem forsøg til at finde 1RM ved squatøvelsen, grunden til dette var for at undgå udmattelse (Andersson, 2008; Banyard et al., 2017).

Mellem hvert forsøg blev der afholdt en pause på 4-5 minutter for at undgå udmattelse (Andersson, 2008).

- DM-protokol squat

- Før denne protokol blev igangsat, blev samtlige mål vedrørende fodplacering og håndgreb dobbelttjekket for at det blev ensartet hele testen igennem.
- Derefter blev potentiometeret tjekket at det stadig målte og gemte data.
- Selve løftet foregik således, at den excentriske fase kom før den koncentriske fase.
- Der blev udført en 1RM test, som fulgte National Strength and Conditioning Association ® (NSCA) 1RM testing protocol, for at finde deres 1RM, undervejs blev der foretaget vægt- og hastighedsmålinger (Baechle & Earle, 2006). Opvarmningen som NSCA anbefaler blev dog udelukket, da der allerede på nuværende tidspunkt er lavet opvarmning.

1RM test protokol som følger NSCA's guidelines ved underkrops øvelser.

1. Der blev udført 3-5 gentagelser med en vægt svarende til 10 til 20 % ved U.E. øvelser.
2. Der blev holdt en pause på mindst 2 minutter.
3. Der blev udført 2-3 gentagelser med en vægt svarende til en forøgelse med 10-20%.
4. Der blev holdt en pause på 2-4 minutter.
5. Der blev udført en vægtforøgelse på 14-18 kg.
6. Forsøgspersonen blev bedt om at udføre 1RM.

7. Hvis forsøgspersonen udførte et godkendt løft, blev der givet mindst 4 minutters pause. Herefter udføres skridt 6. Hvis forsøgspersonen ikke udførte et godkendt løft, blev der afholdt mindst 4 minutters pause. Så blev der fjernet 7-9 kg, hvorefter forsøgspersonen foretog skridt 6 igen.

Dette blev gentaget, enten en vægt forøgelse eller en vægtnedsættelse indtil forsøgspersonen kunne udføre et godkendt korrekt løft. Ideelt set ville forsøgspersonens 1RM blive fundet inden for 3-5 test gentagelser af punkt 6.

- XRM-protokol squat
 - Der blev afholdt 4-5 minutters pause efter 1RM testen, inden denne protokol blev udført.
 - Før denne protokol blev igangsat, blev samtlige mål vedrørende fodplacering og håndgreb dobbelttjekket for at det blev ensartet hele testen igennem.
 - Derefter blev potentiometeret tjekket at det stadig målte og gemte data.
 - I denne protokol skal de løfte 80% af deres 1RM indtil udmattelse blev opnået.
 - XRM blev udført, hvor XRM-formlen som blev anvendt, var den formel som gav det mest præcise estimat ud fra den aktuelle 1RM fundet ved DM.

Formlerne i tabellen herunder vil blive refereret til som formel 1, hvilket svarer til den øverste, hvorefter det benævnes fortløbende indtil formel 15 som er den sidste i tabellen.

Estimering af 1 RM

Formel (kg)	Kilde
$1RM = \frac{RepWt}{(1 - 0,02 \cdot RTF)}$	(Adams, 1998)
$1RM = \frac{RepWt}{(1,0261 - 0,00262 \cdot RTF)}$	(Berger, 1970)
$1RM = (Reps \cdot 0,0338 + 0,9849) \cdot RepWt$	(Brown, 1992)
$1RM = \frac{RepWt}{(1,0278 - 0,0278 \cdot RTF)} = \frac{36 \cdot RepWt}{(37 - RTF)}$	(Brzycki, 1993)
$1RM = 1,175 \cdot RepWt + 0,839 \cdot Reps - 4,29787$	(Cummings & Finn, 1998)
$1RM = (1 + 0,0333 \cdot RTF) \cdot RepWt$	(Epley, 1985)
$1RM = RepWt \cdot (0,988 + 0,0104 \cdot RTF + 0,0019 \cdot RTF^2 - 0,0000584 \cdot RTF^3)$	(Kemmler et al., 2006)
$1RM = \frac{RepWt}{(1,013 - 0,0267123 \cdot RTF)}$	(Lander, 1985)
$1RM = RTF^{0,1} \cdot RepWt$	(Lombardi, 1989)
$1RM = \frac{RepWt}{(0,522 + 0,419 \cdot e^{-0,055 \cdot RTF})}$	(Mayhew et al., 1992)
$1RM = 0,025 \cdot (RepWt \cdot RTF) + RepWt$	(O'Connor et al., 1989)
$1RM = \frac{RepWt}{(0,5551 \cdot e^{-0,0723 \cdot RTF + 0,4847})}$	(Reynolds et al., 2006)
$1RM = 1,139 \cdot RepWt + 0,352 \cdot Reps + 0,243$	(Tucker et al., 2006)
$1RM = \frac{RepWt}{(0,488 + 0,538 \cdot e^{-0,075 \cdot RTF})}$	(Wathen, 1994)
$1RM = (RTF \cdot 0,0333) \cdot RepWt + RepWt$	(Welday, 1988)

1RM = 1-rep-max; *RepWt* = repetition weight, a load less than 1RM used to perform repetitions, *RTF* = *Reps* = repetitions to fatigue (Mayhew et al., 2008; LeSuer et al., 1997).

BÆNKPRES PROTOKOL

Der var mindst 2 minutters pause mellem bænkpres protokollen og bænkpres opvarmningsprotokollen (do Nascimento et al., 2007).

Før denne protokol påbegyndtes var det vigtigt at opvarmningsprotokollen var blevet udført, for at undgå mulige skader. I denne protokol sigtedes der efter at bestemme 1RM ud fra den direkte metode hvorefter der blev udført en indirekte metode til at estimere 1RM ud fra vægt/hastighedsforholdet. Disse data blev skabt ved at følge denne protokol. Det var vigtigt at potentiometeret var monteret og virkede hele tiden under denne protokol. Bænkbredden i bænkpressen blev bestemt af håndpositionen på stangen ved 90° i albueleddet, når overarmen holdes parallelt med brystet (Andersson, 2008). For at løftet kunne godkendes blev der holdt øje med de 5 kontaktpunkter (Stoppani, 2019), som var:

1. Fødderne skal være placeret så langt tilbage din smidighed tillader det og være placeret fladt på jorden under hele løftet.
2. Musculus Gluteus Maximus skal være placeret på bænken under hele løftet, hvor lænderyggen ikke må røre bænken under løftet. Lænderyggen skal gerne danne en halvcirkel under hele løftet.
3. Øvre ryg og skulderen skal røre bænken under hele løftet. Skulderbladene skal være "røre" hinanden under hele løftet og albuerne skal være tæt på brystkassen.
4. Baghovedet må ikke løfte sig fra bænken på noget tidspunkt.
5. Hænderne skal holde vægtstangen med et åbent greb. Dvs. at tommelfingeren ikke har rundt om vægtstangen, men den skal derimod være på samme side som de andre fingre.

Ved hvert løft blev følgende introduktion givet: "Udfør løftet kontrolleret i den excentriske fase og så hurtigt du kan i den koncentriske fase af løftet, og sørg for at komme helt op til start positionen før næste løft påbegyndes".

Der blev givet tre til fem forsøg til at finde 1RM ved bænkpresøvelsen, grunden til dette var for at undgå udmattelse (Andersson, 2008).

Mellem hvert forsøg blev der afholdt en pause på 4-5 minutter varighed for at undgå udmattelse (Andersson, 2008).

- DM-protokol bænkpres

- Før denne protokol blev igangsat, blev samtlige mål vedrørende fodplacering og håndgreb dobbelttjekket for at det blev ensartet hele testen igennem.
- Derefter blev potentiometeret tjekket at det stadig målte og gemte data.
- Selve løftet foregik således, at den excentriske fase kom før den koncentriske fase.
- Der blev udført en 1RM test, som fulgte NSCA's 1RM testing protocol, for at finde deres 1RM, undervejs blev der noteret vægt- og hastighedsmålinger (Baechle & Earle, 2006). Opvarmningen som NSCA anbefaler blev dog fravalgt, da der allerede på nuværende tidspunkt er lavet både en general og en specifik opvarmning.

1RM test protokol som følger NSCA's guidelines ved overkrops øvelser.

1. Der blev udført 3-5 gentagelser med en vægt svarende til 5-10% ved O.E. øvelser.
2. Der blev holdt en pause på mindst 2 minutter.
3. Der blev udført 2-3 gentagelser med en vægt svarende til 5 til 10%.
4. Der blev holdt en pause på 2-4 minutter.
5. Der blev udført en vægtforøgelse på 4-9 kg.
6. Forsøgspersonen blev bedt om at udføre 1RM.
7. Hvis forsøgspersonen udførte et godkendt løft, blev der givet mindst 4 minutters pause. Herefter udføres skridt 6. Hvis forsøgspersonen ikke udførte et godkendt løft, blev der givet mindst 4 minutters pause.

Så blev der fjernet 2-4 kg, hvorefter forsøgspersonen foretog skridt 6 igen.

Dette blev gentaget, enten en vægt forøgelse eller en vægtnedsættelse indtil forsøgsdeltageren kun kunne udføre et godkendt korrekt løft. Ideelt set ville forsøgspersonens 1RM blive fundet inden for 3-5 test gentagelser af punkt 6.

XRM-protokol bænkpres

- Der blev afholdt 4-5 minutters pause efter 1RM testen, inden denne protokol blev udført.
- Før denne protokol blev igangsat, blev samtlige mål vedrørende fodplacering og håndgreb dobbelttjekket for at det blev ensartet hele testen igennem.
- Derefter blev potentiometeret tjekket at det stadig målte og gemte data.
- I denne protokol skal de løfte 80% af deres 1RM indtil udmattelse blev opnået.
- XRM blev udført, hvor XRM-formlen som blev anvendt, var den formel som gav det mest præcise estimat ud fra den aktuelle 1RM fundet ved DM.

Formlerne i tabellen herunder vil blive refereret til som formel 1, hvilket svarer til den øverste, hvorefter det benævnes fortløbende indtil formel 15 som er den sidste i tabellen.

Estimering af 1 RM

Formel [kg]	Kilde
$1RM = \frac{RepWt}{(1 - 0,02 \cdot RTF)}$	(Adams, 1998)
$1RM = \frac{RepWt}{(1,0261 - 0,00262 \cdot RTF)}$	(Berger, 1970)
$1RM = (Reps \cdot 0,0338 + 0,9849) \cdot RepWt$	(Brown, 1992)
$1RM = \frac{RepWt}{(1,0278 - 0,0278 \cdot RTF)} = \frac{36 \cdot RepWt}{(37 - RTF)}$	(Brzycki, 1993)
$1RM = 1,175 \cdot RepWt + 0,839 \cdot Reps - 4,29787$	(Cummings & Finn, 1998)
$1RM = (1 + 0,0333 \cdot RTF) \cdot RepWt$	(Epley, 1985)
$1RM = RepWt \cdot (0,988 + 0,0104 \cdot RTF + 0,0019 \cdot RTF^2 - 0,0000584 \cdot RTF^3)$	(Kemmler et al., 2006)
$1RM = \frac{RepWt}{(1,013 - 0,0267123 \cdot RTF)}$	(Lander, 1985)
$1RM = RTF^{0,1} \cdot RepWt$	(Lombardi, 1989)
$1RM = \frac{RepWt}{(0,522 + 0,419 \cdot e^{-0,055 \cdot RTF})}$	(Mayhew et al., 1992)
$1RM = 0,025 \cdot (RepWt \cdot RTF) + RepWt$	(O'Connor et al., 1989)
$1RM = \frac{RepWt}{(0,5551 \cdot e^{-0,0723 \cdot RTF} + 0,4847)}$	(Reynolds et al., 2006)
$1RM = 1,139 \cdot RepWt + 0,352 \cdot Reps + 0,243$	(Tucker et al., 2006)
$1RM = \frac{RepWt}{(0,488 + 0,538 \cdot e^{-0,075 \cdot RTF})}$	(Wathen, 1994)
$1RM = (RTF \cdot 0,0333) \cdot RepWt + RepWt$	(Welday, 1988)

$1RM$ = 1-rep-max; $RepWt$ = repetition weight, a load less than $1RM$ used to perform repetitions, RTF = $Reps$ = repetitions to fatigue (Mayhew et al., 2008; LeSuer et al., 1997).

DATABEHANDLING

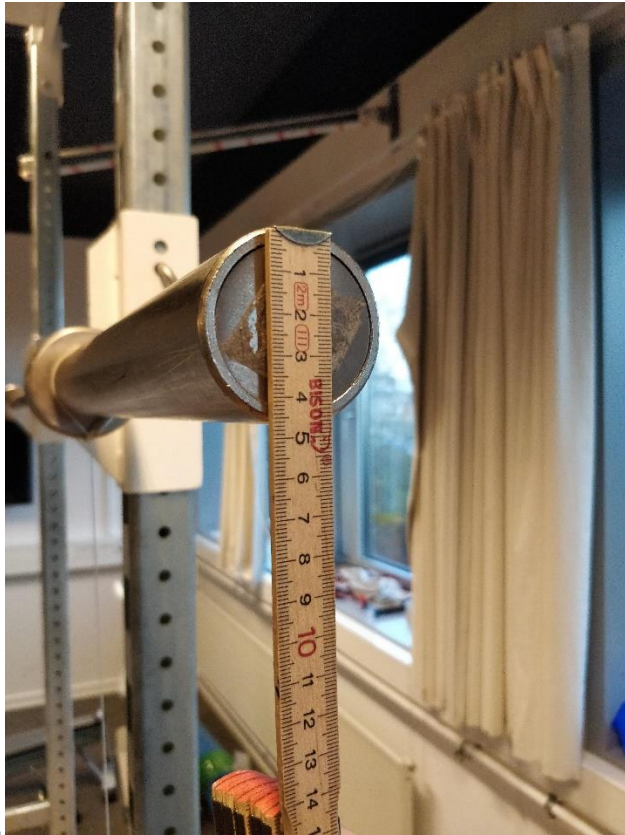
Data blev samlet med 1000 Hz med en Chronojump Boscosystem® Linear Encoder som var monteret på vægtstangen under hele forsøget. Placeringen, var den samme ved alle forsøgspersoner og kan ses i Figur 2. Chronopic var forbindelsesleddet mellem encoderen og PC'en. Encoderen blev kalibreret før hver forsøgsperson påbegyndte forsøgsprotokollen og der blev dannet individuelle profiler til hver enkel forsøgsperson i Chronojump 1.9.0 for Windows. Herefter blev hver profil omdannet til csv-filer, disse filer blev åbnet i Microsoft® Excel® software til Office 365, 32-bit, version 1902 (Microsoft, Redmond, WA, USA) og samtlige hastighedskurver (SPEED) blev analyseret. Hastighedskurverne blev manuelt opdelt og de positive værdier, som repræsenterede den koncentriske muskelfase af styrkeløftet, blev udvalgt. Derved blev der dannet isolerede hastighedskurver over den koncentriske muskelfase, hvorefter at gennemsnittet blev udregnet af disse isolerede hastighedskurver. Den gennemsnitshastighed som var højest ved hvert sæt, blev udvalgt og brugt til at danne vægt/hastighedsgrafen. Dette blev gjort, for at følge Picerno et al. (2016) fremgangsmåde. Dette blev gjort i Excel, en dansk udgave, vha. følgende formler:

```
=HVIS(D7>=0;D7;"")
```

```
=HVIS(D7=MAKS(D7:D5004);D7;"")
```

```
=MIDDEL(A2:A322)
```

Begrundelsen for at finde maksimum af hver hastighedskurve, er gjort pga. at forsøgspersonerne blev beordret til at udføre den koncentriske fase af løftet hurtigst muligt og den excentriske fase af løftet kontrolleret.



Figur 2 - Her ses placeringen af den lineære transducer, som svarer til højre side, tættest på forsøgspersonen. Snoren er placeret før samtlige vægte.

Det fundne data blev skrevet om til engelske termer, så komma blev omdannet til punktum og overført til GeoGebra Classic 5.0.570.0-d (International GeoGebra Institute, Austria). De vægtdata som blev indtastet i GeoGebra, var omdannet fra kg til N. Dette fulgte Picerno et al. (2016) fremgangsmåde omhandlede 1RM prediction-afsnittet. Selve omregningen blev lavet ved at anvende formlen $W = m \cdot g$, hvor W er den løftede vægt i N og m er den løftede vægt i kg og g er jordens tyngdeacceleration angivet til $9,82 \frac{m}{s^2}$. Heri blev der dannet punktplots, hvorefter der blev lavet polynomielle regressionsanalyser for samtlige forsøgspersoners data. Herefter blev der tjekket R^2 -værdier og set på residualplots/residualdiagrammerne for hver forsøgsperson, for at vurdere, om de fundne modeller var brugbare.

Evalueringskriterierne herfor var følgende:

- Forklaringsgraden, kaldet R^2 . Anvendes til at vurdere forholdet af variansen af hvad de to variable x og y har tilfælles. Dette kan bedømmes ud fra at se hvor tæt på 1, R^2 -værdien er.
- I residualplottet kigges der på to kriterier:
 - o Systematisk/Tilfældig: ligger punkterne systematisk eller tilfældigt spredt omkring x-aksen. Hvis de ligger systematisk anses modellens anvendelighed for at være dårlig, dette kan f.eks. ses hvis de følger en trend. Ligger punkterne tilfældigt vurderes modellens anvendelig til at være god.
 - o Symmetri: hvis residualerne ligger symmetrisk spredt omkring x-aksen, kan modellen vurderes til at være god.
 - o y-aksens interval: størrelsen af intervallet på y-aksen bedømmes. Dvs. hvor langt ligger punkterne fra x-aksen. Jo mindre y-aksens interval er, des bedre er modellen, da punkterne så ligger meget tæt på den bedste rette linje, hvilket svarer til x-aksen.

I lighed med Picerno et al. (2016) metode, hvor de fandt 1RM ved at plotte både vægt/hastighedskurven og kraft/hastighedskurven i samme koordinatsystem. Der opstod to skæringspunkter mellem de to grafer V_1 og V_2 , hvor y-koordinaten på V_1 svarer til $W_{thresh} = 1RM$ og x-koordinaten svarer til den langsomste hastighed. Dvs. den laveste hastighed vedkommende kan løfte en given vægt inden personen bliver nødt til at give op. Det skæringspunkt med den højeste y-værdi blev angivet til 1RM. Derfor blev skæringen med y-aksen på vægt-/hastighedskurverne aflæst, hvilket svarede til 1RM, da vægt-/hastighedsplot i dette projekt følger Picerno et al. (2016) akser i Weight-Velocity (2nd degree) plottet, hvor de har hastighed ud af x-aksen og vægt i N op af y-aksen. Ud fra funktionsteorien (Poulsen, 2015) kunne 1RM aflæses på en lineær funktion $f(x) = ax + b$, ved b-værdien og på et 2. gradspolynomium $p(x) = ax^2 + bx + c$, ved c-værdien. I tilfælde af at hhv. b-

og c-værdierne var negative, blev den numeriske værdi taget, da det ikke giver mening at 1RM var en negativ værdi. Dette estimat af 1RM som er fundet ved the load-velocity-based method (LVM) blev sammenlignet med den fundne 1RM ved den DM. Disse data blev indlæst i RStudio (version 1.2.2019 © 2009-2019 RStudio, Inc.), hvori samtlige Bland-Altman plots (B&A) blev dannet. Disse B&A plots blev dannet ud fra de data som blev fundet ved LVM og holdt op imod de data fundet ved den DM, for at afgøre graden af overensstemmelse mellem de to metoder.

I Microsoft ® Word software til Office 365, 32-bit, version 1902 (Microsoft, Redmond, WA, USA) blev der indskrevet de 15 estimerings formler, de data, som blev fundet under forsøget ved at benytte den IDM, XRM, blev indtastet i ligningerne i WordMat-miljøet som er en matematisk Word-udvidelse, WordMat version 1.19. (EDUAP Educational Applications, Nyborg, Danmark). Hvorefter denne udvidelse kunne udregne hvad den estimerede 1RM ville være med de pågældende data indtastet. Derefter blev samtlige data for hver formel indtastet manuelt i R (version 3.6.2 "Dark and Stormy Night" © 2009-2019 The R Foundation for Statistical Computing 64-bit), og derefter blev dette data holdt op imod 1RM data fundet ved den DM. Dette blev gjort for at afgøre graden af overensstemmelse mellem de 15 metoder og den DM vha. 15 B&A plots.

Et B&A plot er et mål for overensstemmelsen, som kan anvendes til at vurdere hvordan to metoder, hænger sammen. Hvorimod korrelationskoefficienter kun vurderer sammenhængen mellem de to metoder og ikke noget om graden af overensstemmelse. Derfor er det i dette projekt valgt at anvende B&A plot for at vurdere graden af overensstemmelse mellem de to metoder og se bort fra korrelationskoefficienterne. Herunder er der beskrevet hvilke betingelser som skal være opfyldt for at kunne anvende Bland-Altman

analyse på et datasæt og hvilke kriterier der skal være gældende for at give en god overensstemmelse (Bland & Altman, 1986):

- 1) Plot differensen af de to metoder mod deres middelværdi med et scatterplot
 - Der må ikke være nogen systematisk sammenhæng mellem differensen og middelværdien (f.eks. kunne en systematisk sammenhæng være: jo større den ene metodes resultat er jo mere afviger metodernes resultater fra hinanden).
 - Standardafvigelsen (SD) skal være nogenlunde konstant, hvilket er den første forudsætning, som der skal være opfyldt for at man kan anvende et B&A plot (dette vurderes grafisk i et B&A plot ved at se om punkterne ligger tilfældigt og derved har en korrelation tæt på 0, der må altså ikke være en sammenhæng mellem punkterne).
- 2) Bestemme grænseværdierne for overensstemmelse
 - Limits of agreement afgøres/udregnes ved at følge nedenstående guidelines
 - Dette gøres ud fra standardkonfidensintervallet (CI), som er $\mu \pm 2SD$, hvis det skal være helt matematisk korrekt gøres dette ved først at bestemme middelværdien $\mu_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$, herefter udregnes standardafvigelsen ved $SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2}{n-1}}$, med disse to estimater udregnet kan man finde standardfejlen (SE) $SE_{\mu_x} = \frac{SD}{\sqrt{n}}$. Nu mangler man kun at vælge en Z-værdi, som normalvis er 95% som svarer til en Z-værdi på 1,96. Nu kan konfidensintervallet udregnes vha. $CI = \mu_x \pm Z \cdot SE_{\mu_x}$, hvor $Z = 1,96$ (Olofsson & Andersson, 2012; Thompson, 1935).
 - Så vil jf. teorien 95% af differenserne ligge mellem disse fundne grænseværdier
 - Hvis differenserne er normalfordelte, hvilket er den anden forudsætning.

- Hvis differenserne ikke er normalfordelte, kan der køres en logtransformering på alt data hvorefter der tjekkes for normalfordeling igen (Giavarina, 2015).
- 3) Punkt 1) og 2) er altså det man skal tjekke inden man laver et B&A plot, trods at der allerede på dette tidspunkt er lavet et i punkt 1)
- Beregn differenserne og middelværdien på de to målinger/metoder.
 - Plot middelværdien på x-aksen op imod differenserne på y-aksen med et scatterplot.
 - Plot linje med middelværdien, i plottene i denne rapport er denne linje mørkeblå og fuldoptrukket.
 - Officielt ifølge Bland & Altman (1986) skal denne linje være fuldoptrukket.
 - Plot to linjer med “limits of agreement”, I plottene i denne rapport er disse linjer lyseblå og stiplede.
 - $CI = \mu_x \pm Z \cdot SE_{\mu_x}$, hvor Z -værdien vælges af forskeren.
 - Jf. Bland & Altman (1986) er disse to linjer stiplede.
- 4) Som regel anvendes B&A plot til at tjekke en ny metode kontra en golden standard gammel metode og derved bedømme metodernes overensstemmelse.
- Dette bedømmes ved at kigge efter i et B&A plot om hvor snævre de to lyseblå linjer, som angiver $\mu \pm 2SD$, er på hinanden og om μ -linjen ligger på 0. Derudover bedømmes biasen og reproducerbarhedskoefficienten (COR). Hvis μ -linjen ikke ligger på 0, aflæst på y-aksen, så er der en af de to metoder som enten systematisk overvurderer/undervurderer resultaterne. Derudover så bedømmes der på selve punkterne, om de antyder en systematisk sammenhæng eller har en varierende standard afvigelse, hvilket ikke er hensigtsmæssigt. Det anbefalede er at punkterne ikke antager nogen sammenhæng (Giavarina, 2015).

Vurderingskriterierne for at vurdere om der er høj eller lav overensstemmelse ved de B&A plot som er lavet heri er følgende:

- BP
 - Den mørkeblå fuldoptrukket μ -linje ligger så tæt på 0, aflæst på y-aksen, hvilket vil betyde at der i gennemsnittet ikke er forskel på de to metoder, de giver altså det samme resultat. I dette projekt er der opsat et acceptabelt interval på [0; 5].
 - Bias er så lav som mulig, jo tættere på 0, jo bedre. I BP-tilfældet er en god bias sat til at være 8 kg.
 - COR er så lav som mulig, jo tættere på 0 desto bedre. I BP-tilfældet er en god COR-værdi 16 kg.
 - Vurdere y-aksens interval, jo mindre desto, mindre afviger de to metoders resultater fra hinanden
 - Hvis punkterne ligger tilfældigt og ikke følger en systematik eller har en varierende SD.

Hvis alle tre eller flere punkter er opfyldt, anses de to metoder for at have en høj overensstemmelse. Hvis der kun er højst to punkter som er opfyldt anses de to metoder for at have lav overensstemmelse.

- SQ
 - Den mørkeblå fuldoptrukket μ -linje ligger så tæt på 0, aflæst på y-aksen, hvilket vil betyde at der i gennemsnittet ikke er forskel på de to metoder, de giver altså det samme resultat. I dette projekt er der opsat et acceptabelt interval på [-3; 9].
 - Bias er så lav som mulig, jo tættere på 0, jo bedre. I SQ-tilfældet er en god bias sat til at være 15 kg.
 - COR er så lav som mulig, jo tættere på 0 desto bedre. I SQ-tilfældet er en god COR-værdi 30 kg.
 - Vurdere y-aksens interval, jo mindre desto, mindre afviger de to metoders resultater fra hinanden

- Hvis punkterne ligger tilfældigt og ikke følger en systematik eller har en varierende SD.

Hvis alle tre eller flere punkter er opfyldt, anses de to metoder for at have en høj overensstemmelse. Hvis der kun er højst to punkter som er opfyldt anses de to metoder for at have lav overensstemmelse.

STATISTIK

$\mu(\pm SD)$ blev udregnet for følgende variable: Alder, vægt, højde, BMI, Squat håndafstand, squat fodafstand, 1RM squat, bænkpres håndafstand, bænkpres fodafstand og 1RM bænkpres, i et Excel-dokument. Resten af de statistiske beregninger blev lavet i Rstudio (Version 1.2.2019 © 2009-2019 RStudio Inc.). Der undersøges graden af agreement mellem de indirekte metoder til at estimere 1RM og den direkte metode. Dette gøres vha. B&A analyse (Bland & Altman, 1986; Giavarina, 2015). I den forbindelse blev der undersøgt om data sættet var normal fordelt. Dette blev gjort ved at følge Bland & Altman (1986) guidelines, så der blev først dannet et scatter plot af data sættet med en indtegnet identity line (line of equality), som grafisk giver muligheden for at vurdere agreement mellem de to metoder. Jo tættere punkterne er på linjen, jo mere ens resultater giver de to metoder. Normalvis ville man udregne korrelationskoefficienten r mellem de to metoder ligesom Picerno et al. (2016), men der følges i stedet for Bland & Altman (1986) og Giavarina (2015), som anbefaler at lave et differenceplot. Derfor er der lavet B&A plot, som er et differenceplot. Efter at der var lavet diverse B&A plots på datasættet, stiller Bland & Altman (1986) spørgsmål ved om differenserne mellem de to metoder er normalfordelt, hvis dette er tilfældet, gøres der ikke yderligere. For at vurdere om differenserne er normalfordelte oprettes der både histogrammer og Q-Q-plots. Hvis differenserne ikke er normalfordelt anbefaler Bland & Altman (1986) og Giavarina (2015), at differenserne bliver logtransformeres. Hvorefter at der igen tjekkes for om det logtransformeret differencedatasæt er normalfordelt. Dette gøres ved at

danne både et histogram med en normalkurve indtegnet og et Q-Q-plot, men dette er kun to grafiske måder at afgøre om datasættet er normalfordelt på og derfor ikke et målbart resultat. Ved et Q-Q-plot skal punkterne, i nedre kvartil til og med øvre kvartil, ligge på linjen, for at det kan vurderes at datasættet er normalfordelt. Ved histogrammet skal søjlerne helst følge bell-kurven, for at være normalfordelt (Olofsson & Andersson, 2012). Det er matematisk set nok at vurdere om datasættet er normalfordelt ud fra hhv. Q-Q-plot og histogrammer med normalfordelingskurve indtegnet. Men dette giver stadig kun en grafisk idé om datasættet er normalfordelt. Så der mangler stadig et målbart resultat for at kunne afgøre om datasættet var normalfordelt, så derfor kørtes en Shapiro-Wilk test for normality (S-W), der gav en konkret p-værdi. Denne p-værdi skal være større end 0,05 for at der kan antages om datasættet var normalfordelt (Shapiro & Wilk, 1965). Det skal bemærkes, at denne normalitets test er sensitiv ift. antallet af forsøgspersoner, jo større population jo mere præcis er testen (Poulsen, 2015; Shapiro & Wilk, 1965) og da der i denne undersøgelse er 26 forsøgspersoner, er det muligt at p-værdierne kommer til at antyde at data ikke er normalfordelt, selvom de to grafiske metoder antyder noget andet. For at kunne anvende en S-W er det nødvendigt at datasættet er univariate, som betyder at der kun haves en variabel data, som i dette tilfælde er kg. Derudover skal det gælde at data er kontinuert. S-W testen sætter nulhypotesen H_0 -værdien til at være at en prøve er trukket fra et normalfordelt datasæt. (Shapiro & Wilk, 1965). S-W testen er baseret ud fra korrelationen mellem differensdatasættet (ibid.), i dette tilfælde f.eks. *DM* vs. *LVM*, og de tilsvarende normale scores. S-W testen udregner værdien $W = \frac{(\sum a_i x_i)^2}{(\sum x_i - \bar{x})^2}$, hvor $\sum a_i x_i$ er hældningen af Q-Q-plots linjen, hvis det skal være helt præcist, så er det hældningen af de observeret data vs. de forventede normalværdier, som er normaliseret til en konstant. Hvis data er normal fordelt, vil hhv. tæller og nævneren egentlig være estimeret af variansen kvadreret = σ^2 , altså hvis H_0 er sand, så vil $W = 1$. Hvorimod $W < 1$ indikerer at der muligvis er en signifikant forskel

fra normalen. p -værdierne er bestemt ud fra empiriske fordelinger (ibid.). Det er vigtigt at have følgende tre punkter i mente, når en S-W test anvendes:

- 1) Hvis mange af værdierne i datasættet er ens, så kan denne test give afvigende resultater.

- 2) Det er sjældent at H_0 afvises ved et lille datasæt.

- 3) H_0 afvises ved små afvigelser fra normalen hvis det er et stort datasæt.

Punkt 2) og punkt 3) er en typisk "fejl" ved de fleste test, så der skal man anvende sin sunde fornuft, før der foretages nogle forhastede konklusioner. En S-W test som giver en høj p -værdi, hvilket er $> 0,05$, kan ikke endegyldigt vurdere om et datasæt er normalfordelt, men derimod at data ikke er signifikant forskellig fra normalen (Olofsson & Andersson, 2012). Derfor skal dette understøttes af f.eks. Q-Q-plots og histogrammer. Der kunne også vælges en anden test f.eks. t-test eller en ANOVA, men dette er ikke gjort i dette projekt. Det kunne nu afgøres om differensdata eller logtransformeret differensdata var normalfordelt ud fra de tre metoders resultater.

Da alle disse kriterier var lavet, var alle betingelserne for B&A analyse udført og diverse B&A plots kunne dannes over samtlige metoder (Bland & Altman, 1986).

En outlier (OL) er i dette projekt defineret til at være observationer som ligger under $Q_1 - 1,5 IQR$ eller ligger over $Q_3 + 1,5 IQR$, hvor (Q_1) er den nedre kvartil, (Q_3) er den øvre kvartil og (IQR) er kvartilbredden. Desuden bestemmes kvartilbredden ved $IQR = Q_3 - Q_1$ (Olofsson & Andersson, 2012). Hvis den samme OL viser sig i samtlige B&A plots, kan det overvejes at fjerne en sådan OL. Dette skal dog gøres tydeligt og begrundes grundigt herfor, hvis der vælges at fjerne en forsøgsperson. For at være en OL grafisk set skal punktet være udenfor de to lyseblå striblerede linjer i B&A plottet med indtegnede konfidenslinjer, før at det dømmes som en OL, bør man tjekke i datasættet ift. hhv. `lower.limit.ci.lower` og `upper.limit.ci.upper`. Altså er den

grafiske vurdering af OL, langt fra ligeså præcis, som at benytte ligningerne herfor, men giver et hurtigt overblik over B&A plottet.

I dette projekt er der for samtlige B&A plots udregnet konkrete værdier for hvornår man er udenfor intervallet (limits of agreement) og derved er en OL, derfor er disse OL fjernet og dette vil fremgå af resultatafsnittet, hvis dette har været tilfældet. Hvis der har været OL til stede i det oprindelige B&A plot, er der startet forfra på det nye datasæt for at danne et nyt B&A plot uden disse OL, dvs. at der tjekkes for om samtlige kriterier er opfyldte for at kunne danne et nyt B&A plot over det nye datasæt uden OL. Det oprindelige B&A plot og dets fortolkning af overensstemmelsen forefindes i bilagene.

B&A plots blev anvendt til at beskrive forholdet af overensstemmelser mellem den fundne 1RM ved den direkte metode og de estimerede 1RM ved de indirekte metoder, dvs. bestemme den gennemsnitlige bias mellem de to metoder. De indirekte metoder som blev anvendt, var hhv. 1RM load-velocity-based method (*LVM*) og 1RM formel 1-15 ($F_1 - F_{15}$). Den kritiske forskel, også kaldet bias, svarer til standardafvigelsen, som på B&A plottet grafisk aflæses fra den mørkeblå linje til en af de lyseblå linjer, som er angivet på samtlige B&A plots og fortæller om den gennemsnitlige afvigelse/bias i kg mellem de to metoder. Derudover kan reproducerbarhedskoefficienten udregnes ved $2 \cdot SD$ eller grafisk aflæses på B&A plottet ved at aflæse afstanden mellem de to lyseblå linjer jf. Bland & Altman (1986). Det er op til forskeren at vurdere bias a priori ud fra blandt andet overvejelser som inkluderer biologiske og analytisk relevante kriterier (Giavarina, 2015). Dette projekts a priori overvejelser står nævnt i databehandlingsafsnittet.

RESULTATER

Dette resultat afsnit er opdelt i to underafsnit:

- Den direkte metode vs. den LVM
 - Bænkpres
 - Squat
- Den direkte metode vs. de 15 XRM estimeringsformler
 - Bænkpres
 - Squat

Herunder er der oprettet to oversigtstabeller over samtlige BP-resultaterne og SQ-resultater, for at skabe et hurtigt overblik over resultaterne for samtlige B&A analyserne.

Oversigtstabel over BP-resultaterne

Metode	μ [kg]	Bias [kg]	COR [kg]	W-værdi	p-værdi	Overensstem- melse
LVM	-10,47826	17,6304	35,2	0,98	0,8536	Lav
Formel 1	4,875	8,5689	17,2	0,9	0,1223	Lav
Formel 2	14,276	13,273	26,6	0,9	0,02504	Lav
Formel 3	1,53913	7,6307	15,2	0,9	0,1016	Høj
Formel 4	1,36087	9,3181	18,6	0,98	0,9582	Lav
Formel 5	2,8	6,6815	13,4	0,97	0,7323	Høj
Formel 6	0,9347826	7,3264	14,6	0,9	0,1083	Høj
Formel 7	6,4	9,6956	19,4	0,9	0,08218	Lav
Formel 8	2,2875	10,0773	20,2	0,9	0,1229	Lav
Formel 9	2,252174	4,9121	9,8	0,9	0,03041	Høj
Formel 10	0,6826087	5,1818	10,4	0,9	0,1615	Høj
Formel 11	4,3875	7,9069	15,8	0,9	0,102	Høj
Formel 12	-30	39,5197	79	0,9	0,1724	Lav
Formel 13	3,5	6,7611	13,6	0,9	0,1666	Høj
Formel 14	0,621791	8,0553	16,2	0,9	0,07052	Lav
Formel 15	0,9347826	7,3264	14,6	0,9	0,1083	Høj
I alt						8 Høje

Det kan altså ses at følgende metoder har en god overensstemmelse af estimeringen af 1RM ved BP.

Oversigtstabel over SQ-resultaterne

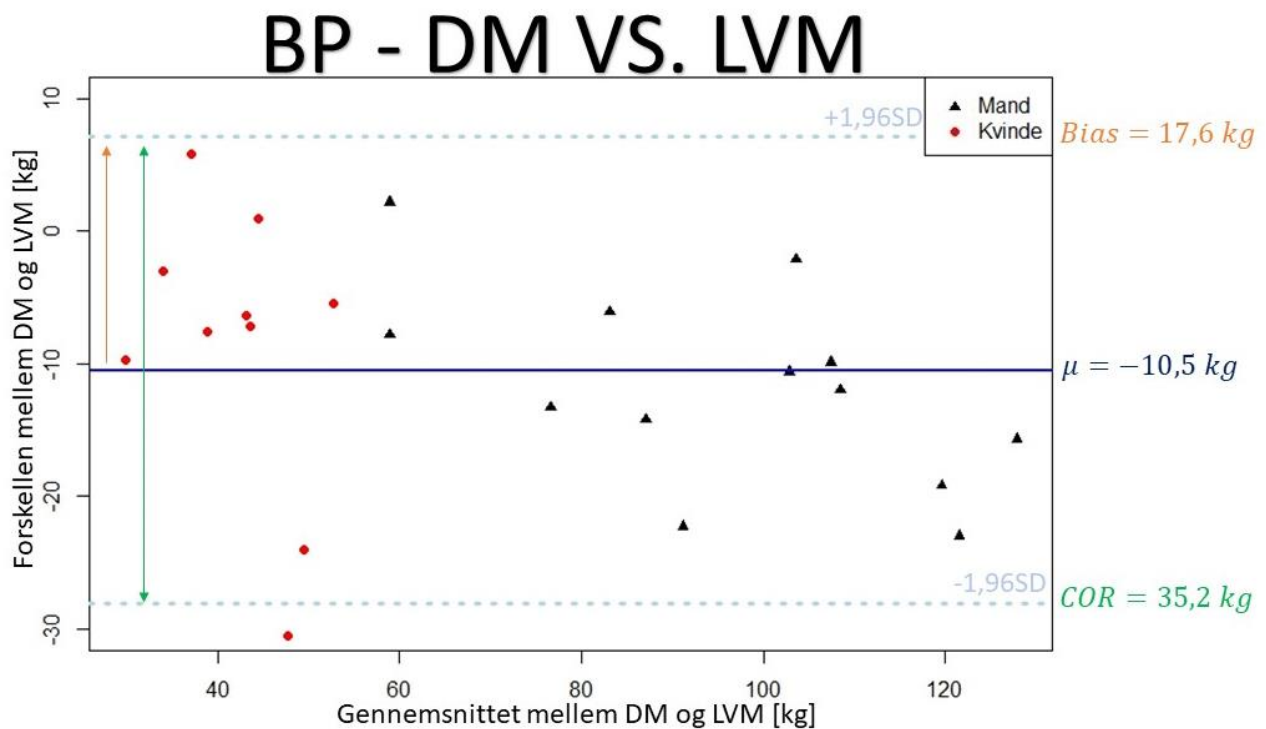
Metode	μ [kg]	Bias [kg]	COR [kg]	W-værdi	p-værdi	Overensstem- melse
LVM	-11,87286	38,9166	77,8	0,96	0,4293	Lav
Formel 1	5,705	10,6112	21,2	0,96	0,4975	Høj
Formel 2	19,77391	13,3224	26,6	0,98	0,8455	Lav
Formel 3	-1,8	19,1495	38,2	0,9	0,021	Lav
Formel 4	-2,722727	30,7011	61,4	0,8	0,0004359	Lav
Formel 5	4,505	4,2722	8,6	0,9	0,1561	Høj
Formel 6	-2,777273	19,0117	38	0,9	0,015	Lav
Formel 7	8,31	10,5964	21,2	0,9	0,2966	Høj
Formel 8	-3,422727	29,6773	59,4	0,8	0,0005129	Lav
Formel 9	1,495455	7,8755	15,8	0,97	0,6955	Høj
Formel 10	-2	13,0228	26	0,9	0,03018	Høj
Formel 11	4,147619	11,9434	23,8	0,9	0,1311	Høj
Formel 12	-79,58696	119,3189	238,6	0,8	0,0009687	Lav
Formel 13	6,172727	6,8812	13,8	0,98	0,9314	Høj
Formel 14	-6,4	29,5806	59,2	0,8	0,00329	Lav
Formel 15	-2,777273	19,0117	38	0,9	0,015	Lav
I alt						7 Høje

Det kan altså ses at følgende metoder har en god overensstemmelse af estimeringen af 1RM ved SQ.

DM VS. LVM

I dette afsnit tjekkes graden af agreement i hhv. *BP* og *SQ* mellem den *DM* og de *LVM*. På hvert B&A plot angives bias, μ , COR samt $\mu \pm 1,96SD$ på hvert plot. Ved samtlige B&A plots er det tydeliggjort, hvis der i det pågældende B&A plot er fjernet OL, da dette har været tilfældet i størstedelen af plottene. Der forefindes en oversigt over det originale data ift. OL i bilagene.

BÆNKPRES

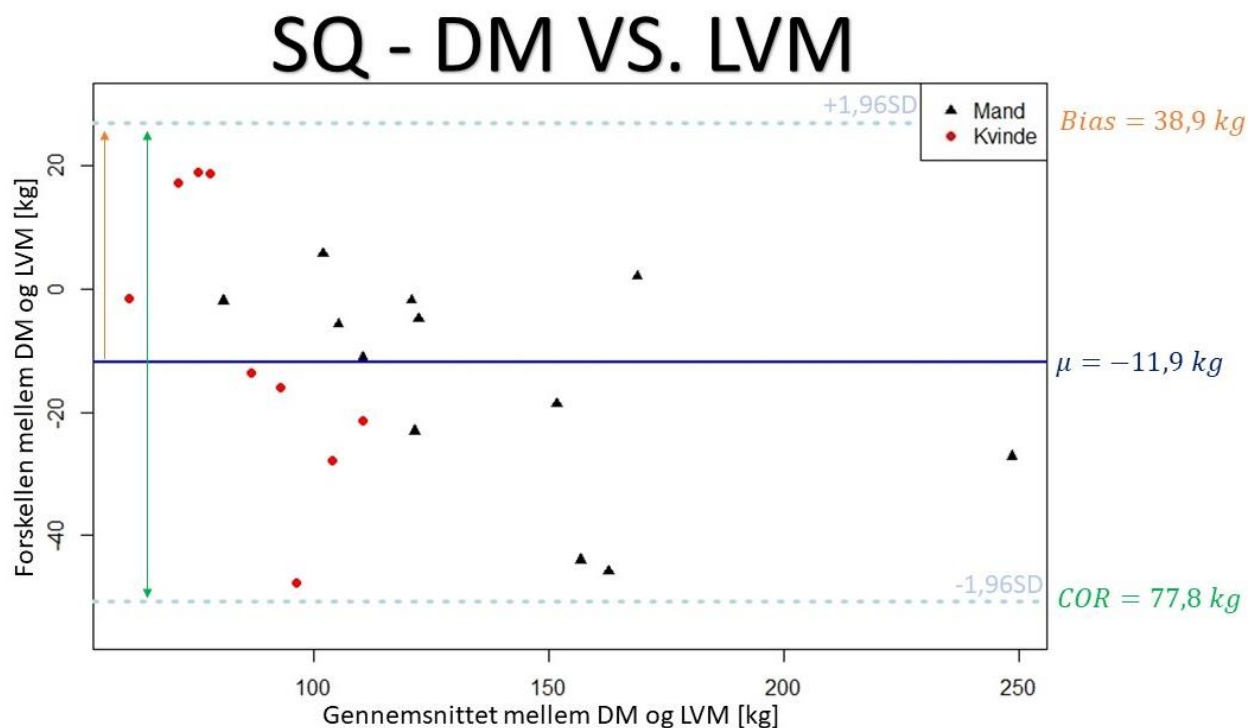


Figur 3 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem *DM* og *LVM* ved *BP* vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-28,1; 7,2]$, bias er $17,6 \text{ kg}$, COR er $35,2 \text{ kg}$ og $\mu = -10,5 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke

hensigtsmæssigt udelukkende at anvende vægt-/hastighedsforholdet til at estimere 1RM nøjagtigt, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.

SQUAT



Figur 4 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

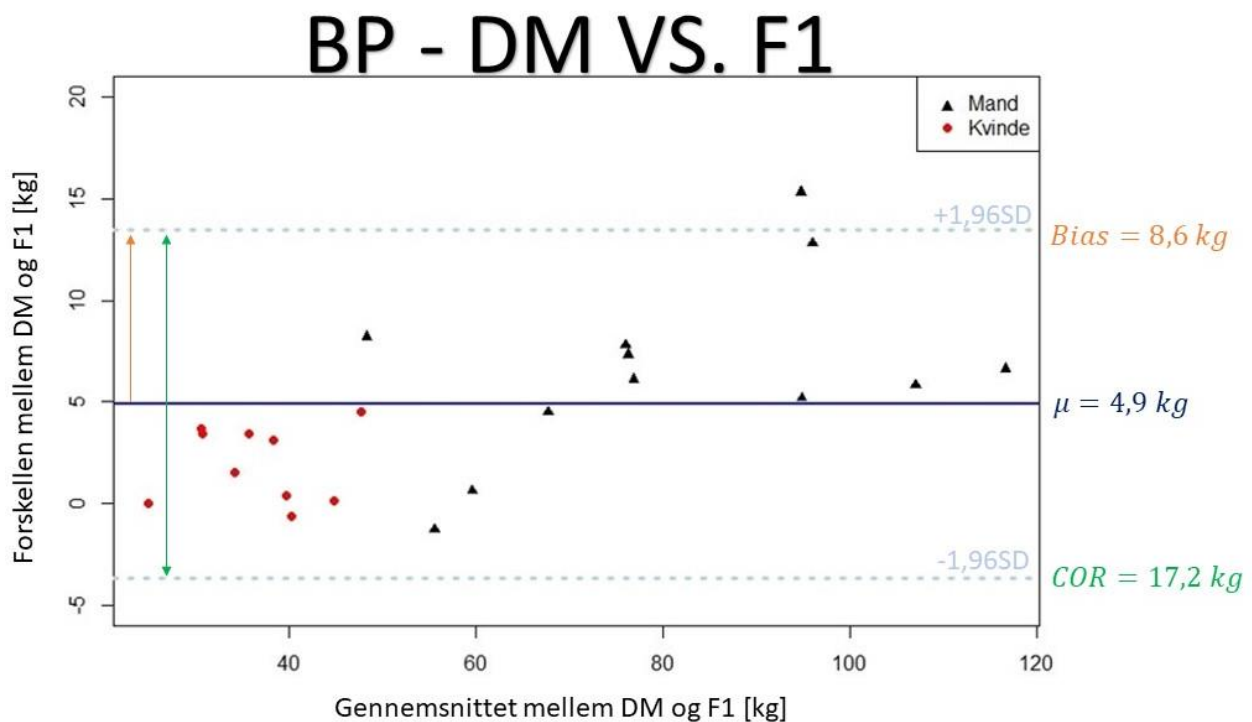
Ved dette B&A plot er der fjernet tre forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og LVM ved SQ vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-50,8; 27]$, bias er 38,9 kg, COR er 77,8 kg og $\mu = -11,9 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt udelukkende at anvende vægt-/hastighedsforholdet til at estimere 1RM nøjagtigt, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan

betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.

DM VS. XRM FORMLER

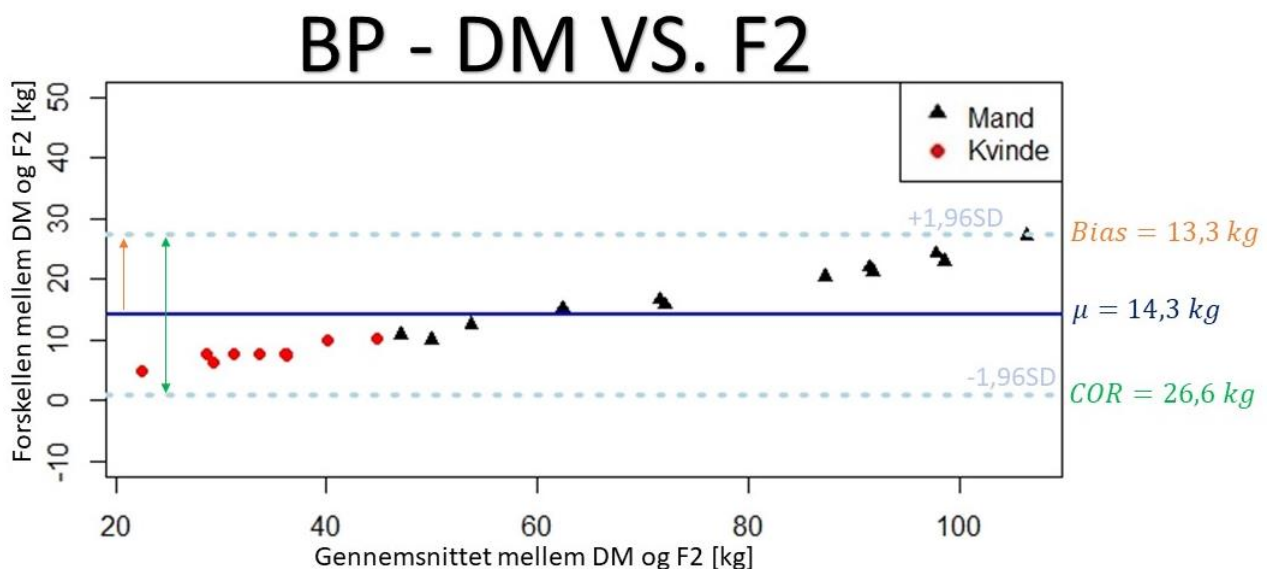
I dette afsnit tjekkes graden af agreement i hhv. *BP* og *SQ* mellem den *DM* og de 15*XRM* estimeringsformler. På hvert B&A plot angives bias, μ , COR samt $\mu \pm 1,96SD$ på hvert plot. Ved samtlige B&A plots er det tydeliggjort, hvis der i det pågældende B&A plot er fjernet OL, da dette har været tilfældet i størstedelen af plottene. Der forefindes en oversigt over det originale data ift. OL i bilagene.

BÆNKPRES



Figur 5 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

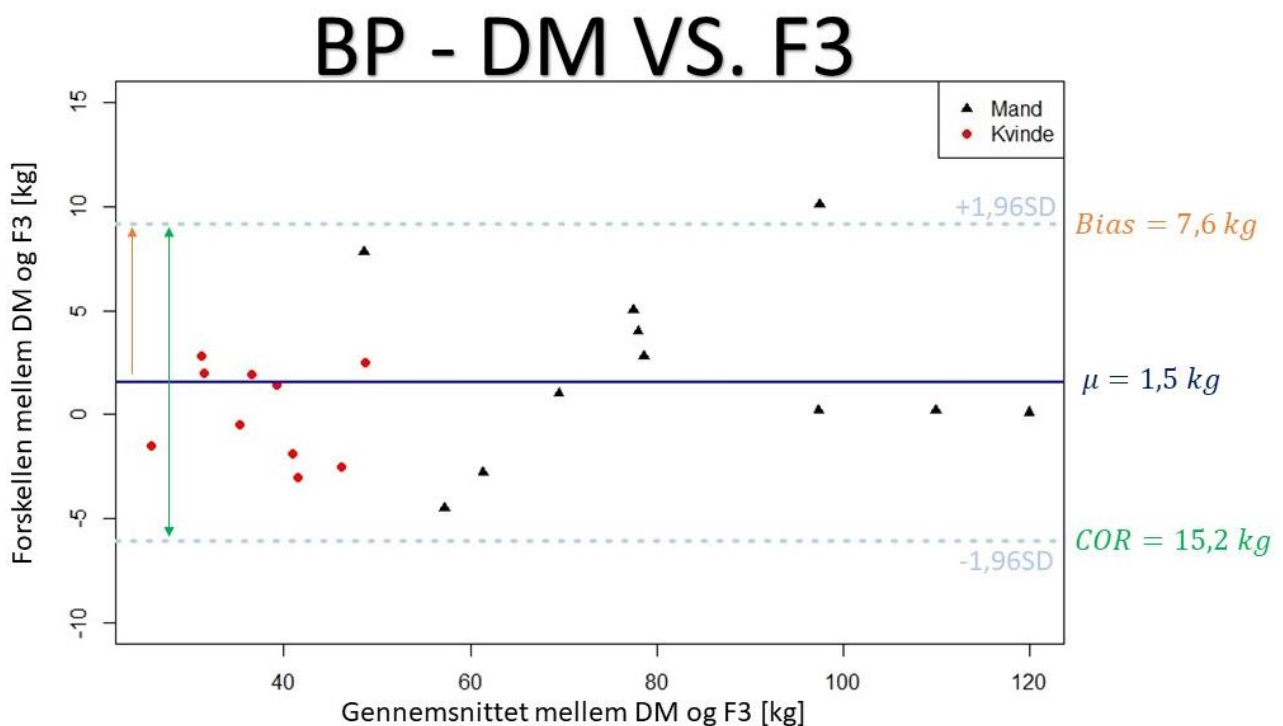
Ved dette B&A plot er der fjernet en forsøgsperson, da vedkommende blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_1 ved BP vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-3,7; 13,4]$, bias er $8,6\text{ kg}$, COR er $17,2\text{ kg}$ og $\mu = 4,9\text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 1, som er udarbejdet af Adams (1998) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



Figur 6 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

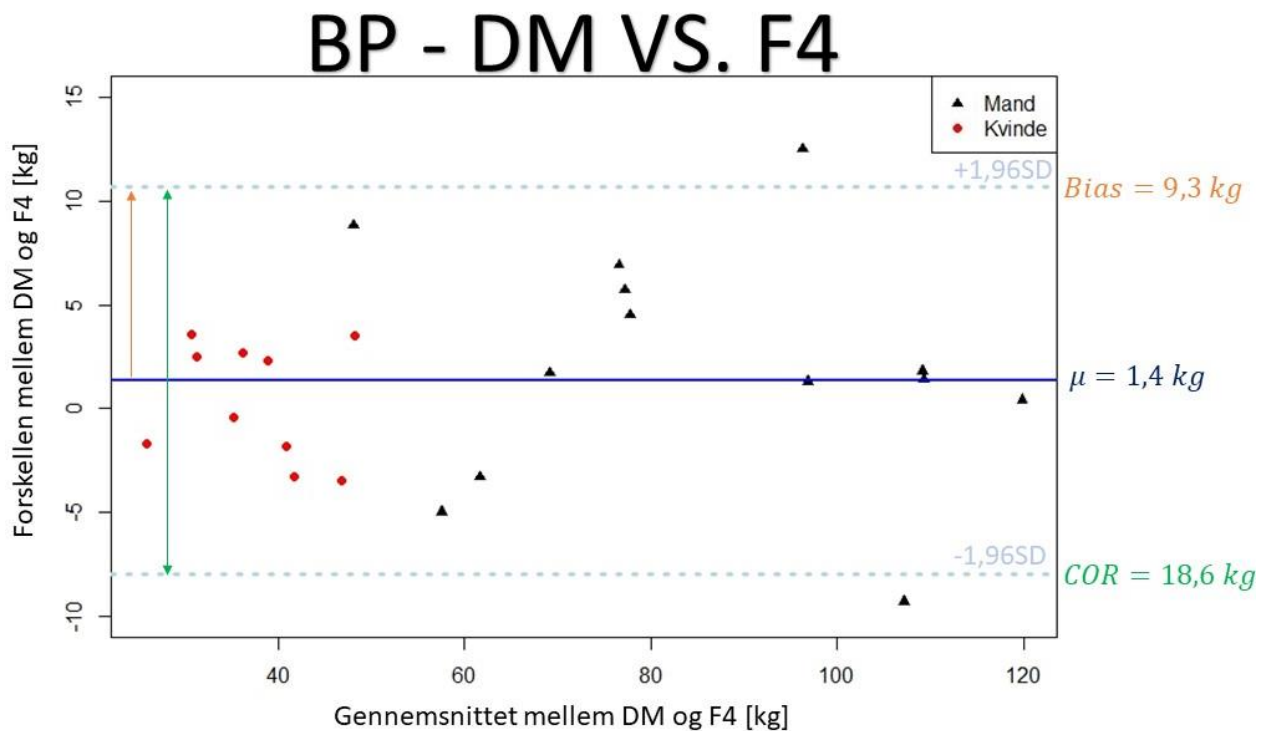
Ved dette B&A plot er der ikke fjernet nogle forsøgspersoner, da ingen blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_2 ved BP vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-3,7; 13,4]$, bias er $13,3\text{ kg}$, COR er $26,6\text{ kg}$ og $\mu = 14,3\text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke

hensigtsmæssigt at anvende formel 2, som er udarbejdet af Berger (1970) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



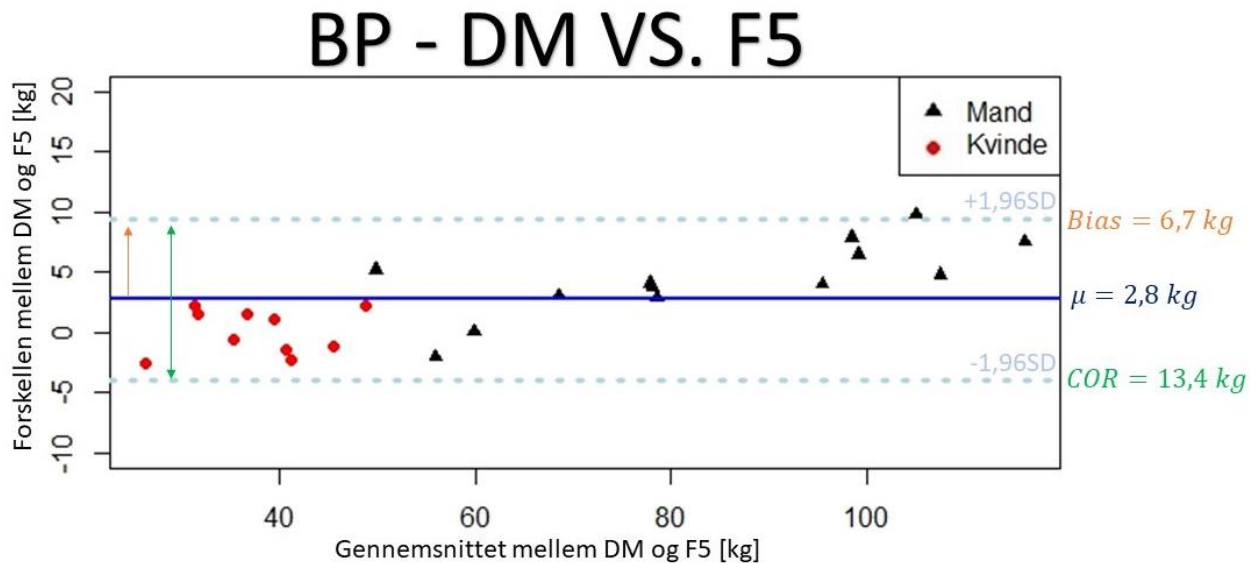
Figur 7 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_3 ved BP vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-6,1; 9,2]$, bias er 7,6 kg, COR er 15,2 kg og $\mu = 1,5 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 3, som er udarbejdet af Brown (1992) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte.



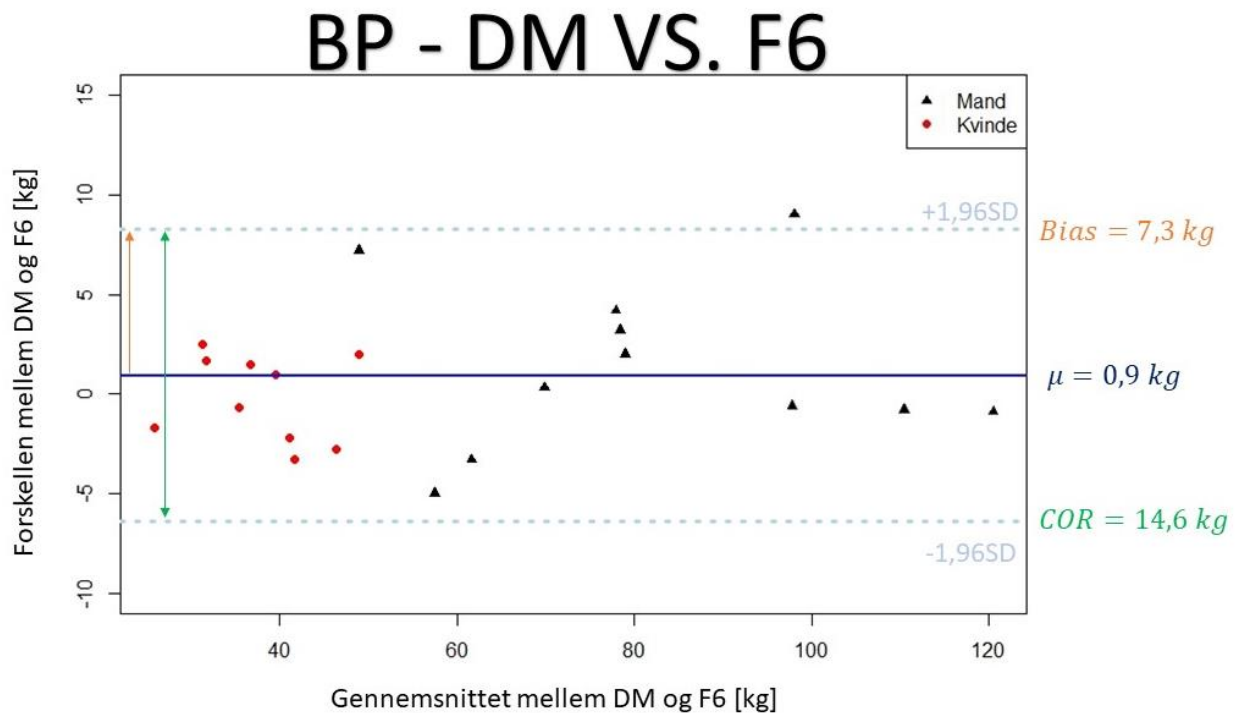
Figur 8 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_4 ved BP vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-8; 10,7]$, bias er 9,3 kg, COR er 18,6 kg og $\mu = 1,4 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 4, som er udarbejdet af Brzycki (1993) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



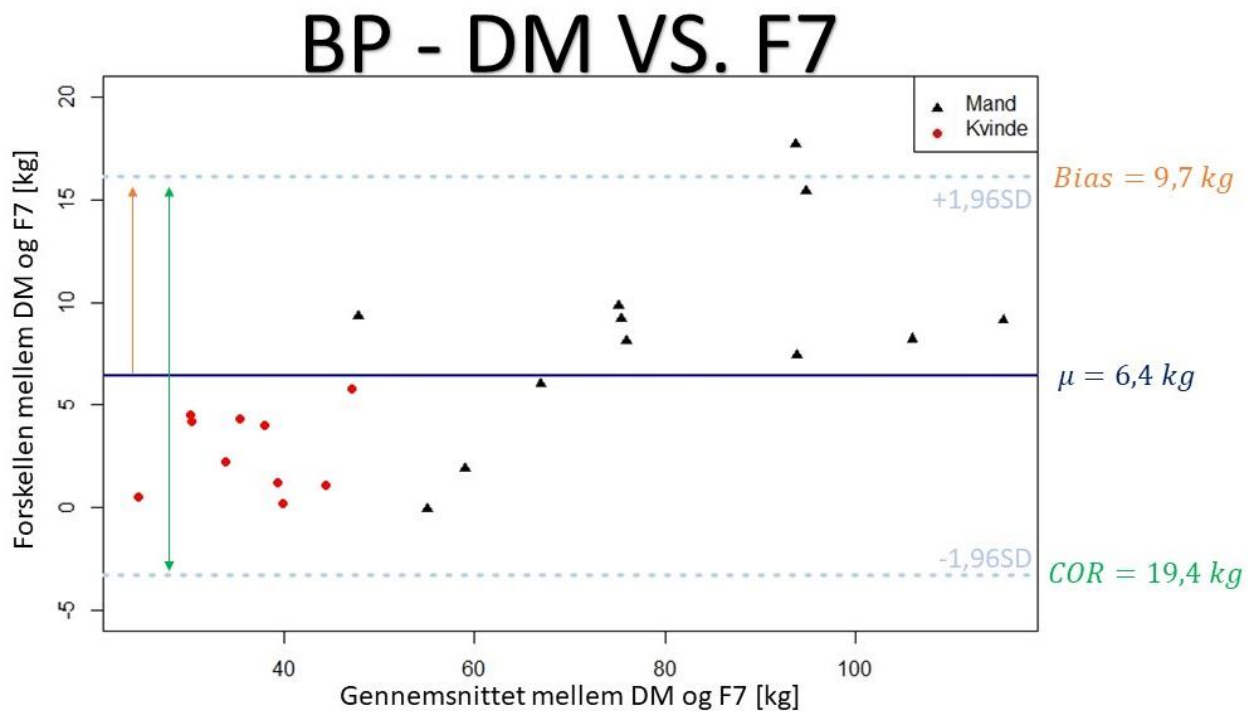
Figur 9 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der ikke fjernet nogle forsøgspersoner, da ingen blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_5 ved BP vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-3,9; 9,5]$, bias er $6,7 \text{ kg}$, COR er $13,4 \text{ kg}$ og $\mu = 2,8 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 5, som er udarbejdet af Cummings & Finn (1998) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte.



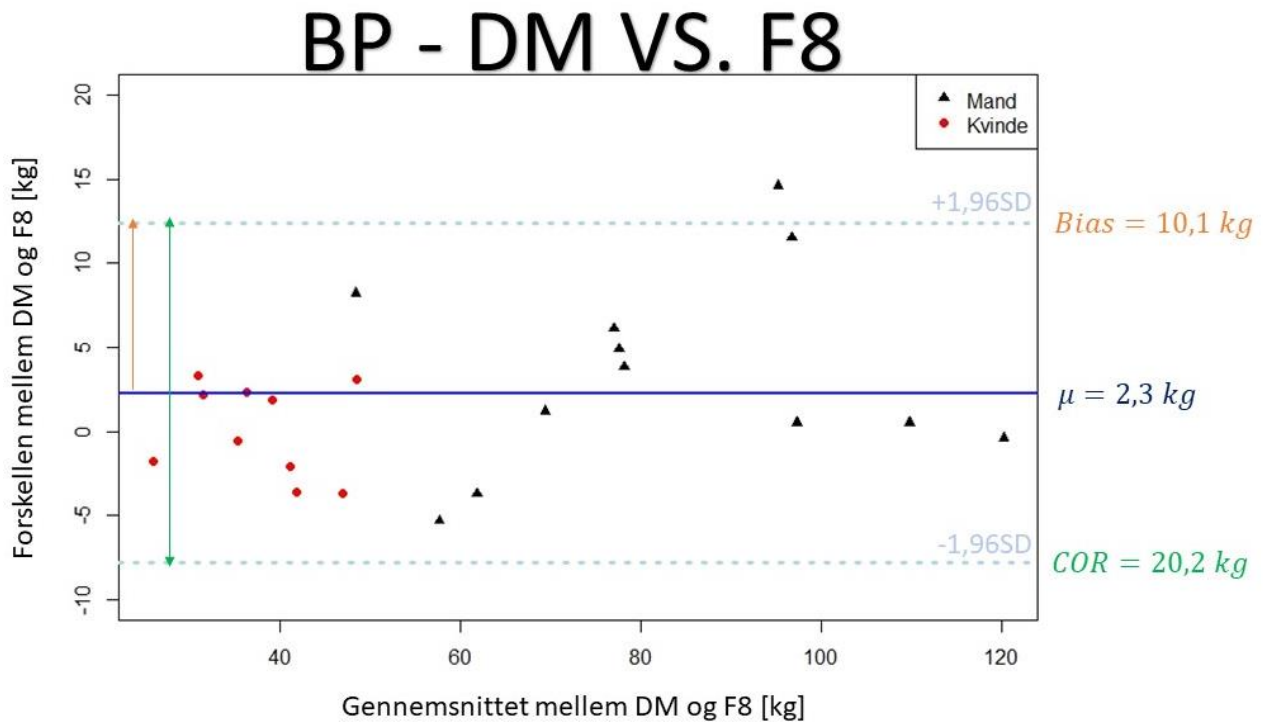
Figur 10 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_6 ved BP vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-6,4; 8,3]$, bias er $7,3 \text{ kg}$, COR er $14,6 \text{ kg}$ og $\mu = 0,9 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 6, som er udarbejdet af Epley (1985) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte.



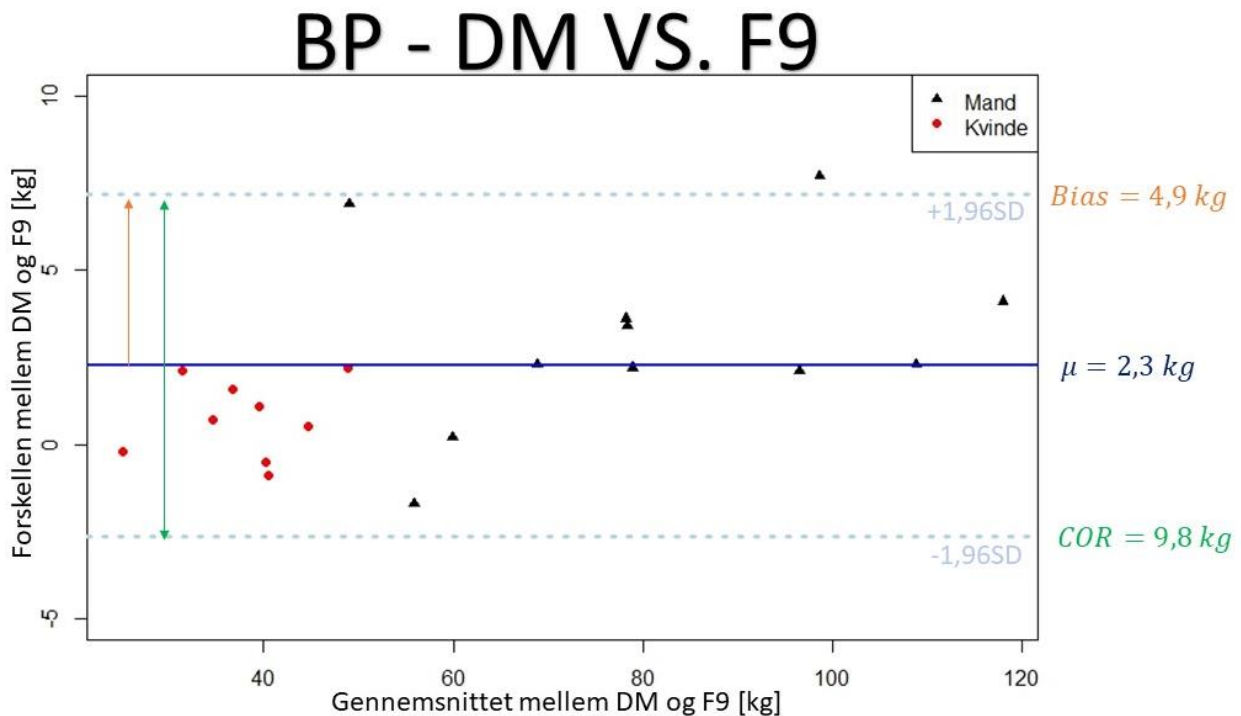
Figur 11 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet en enkelt forsøgsperson, da vedkommende blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_7 ved BP vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-3,3; 16,1]$, bias er $9,7 \text{ kg}$, COR er $19,4 \text{ kg}$ og $\mu = 6,4 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 7, som er udarbejdet af Kemmler et al. (2006) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



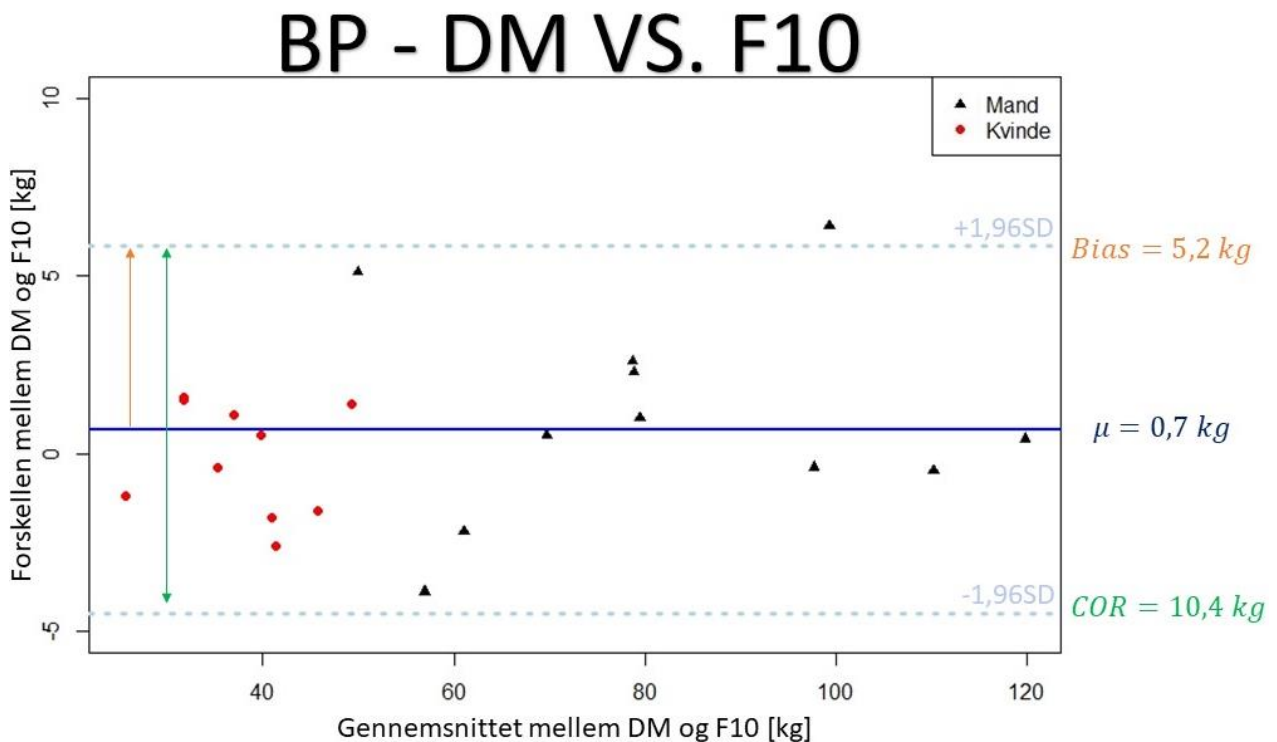
Figur 12 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet en enkelt forsøgsperson, da vedkommende blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_8 ved BP vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-7,8; 12,4]$, bias er $10,1 \text{ kg}$, COR er $20,2 \text{ kg}$ og $\mu = 2,3 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 8, som er udarbejdet af Lander (1985) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



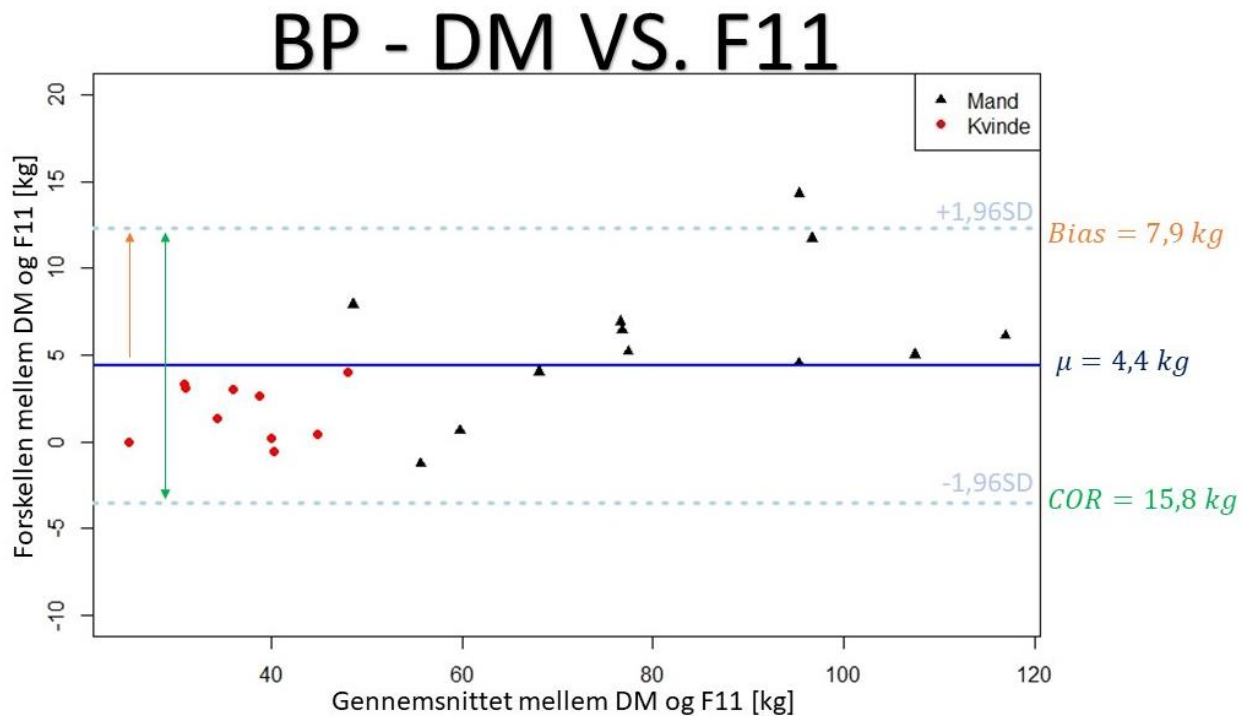
Figur 13 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_9 ved BP vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-2,7; 7,2]$, bias er $4,9 \text{ kg}$, COR er $9,8 \text{ kg}$ og $\mu = 2,3 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 9, som er udarbejdet af Lombardi (1989) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte.



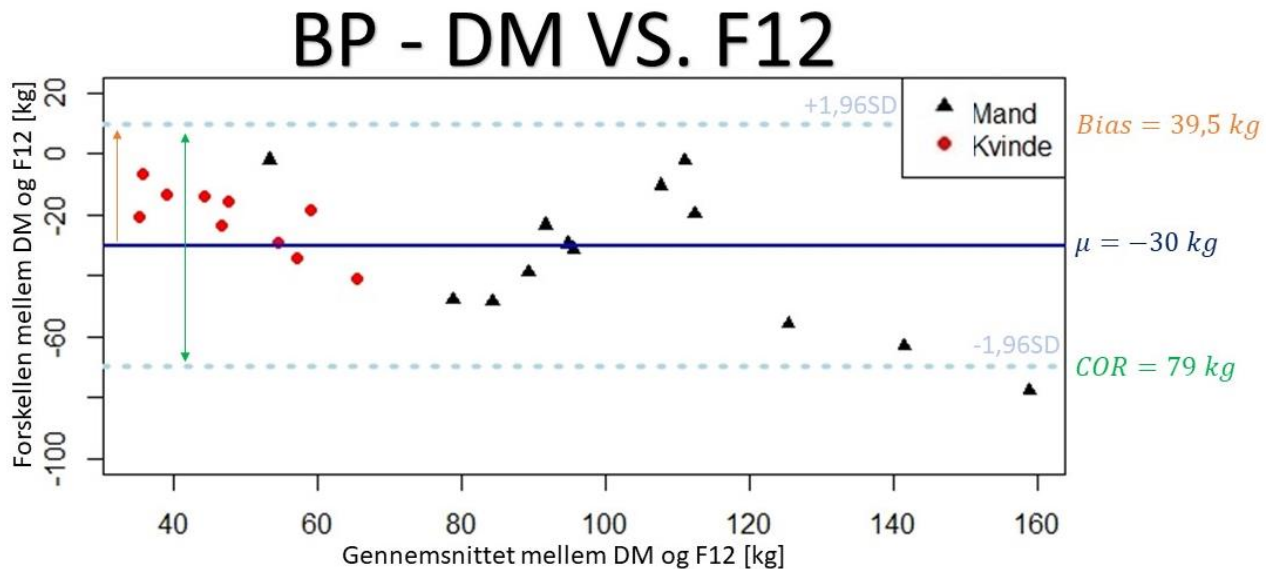
Figur 14 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{10} ved BP vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-4,5; 5,9]$, bias er $5,2 \text{ kg}$, COR er $10,4 \text{ kg}$ og $\mu = 0,7 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 10, som er udarbejdet af Mayhew et al. (1992) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte.



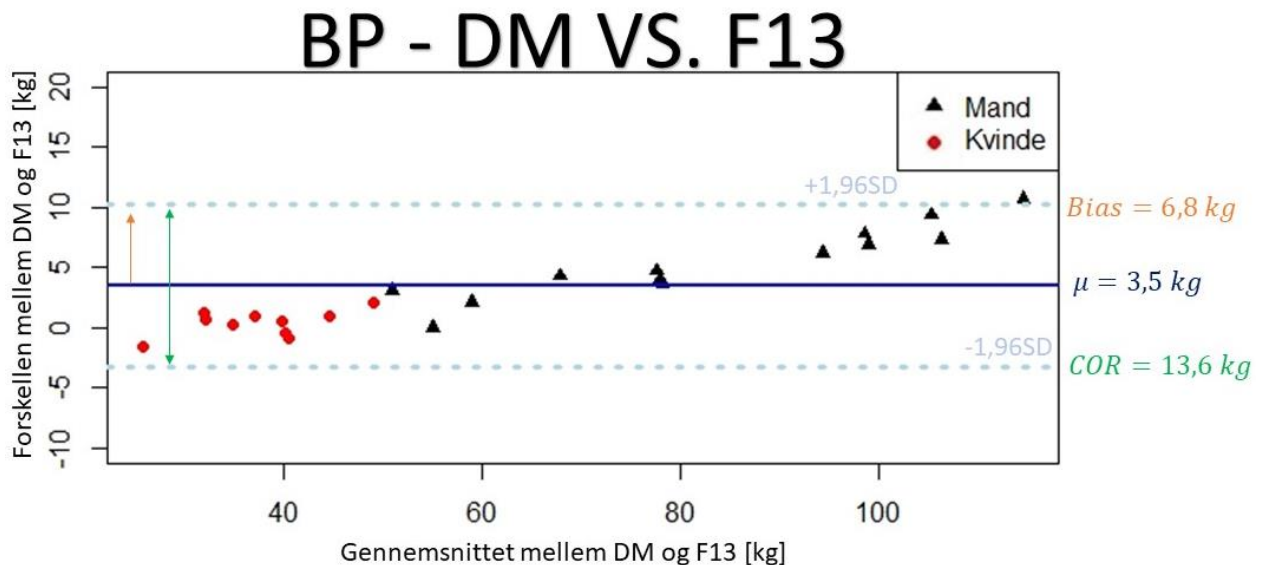
Figur 15 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet en enkelt forsøgsperson, da vedkommende blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{11} ved BP vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-3,5; 12,3]$, bias er $7,9 \text{ kg}$, COR er $15,8 \text{ kg}$ og $\mu = 4,4 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 11, som er udarbejdet af O'Connor et al. (1989) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte.



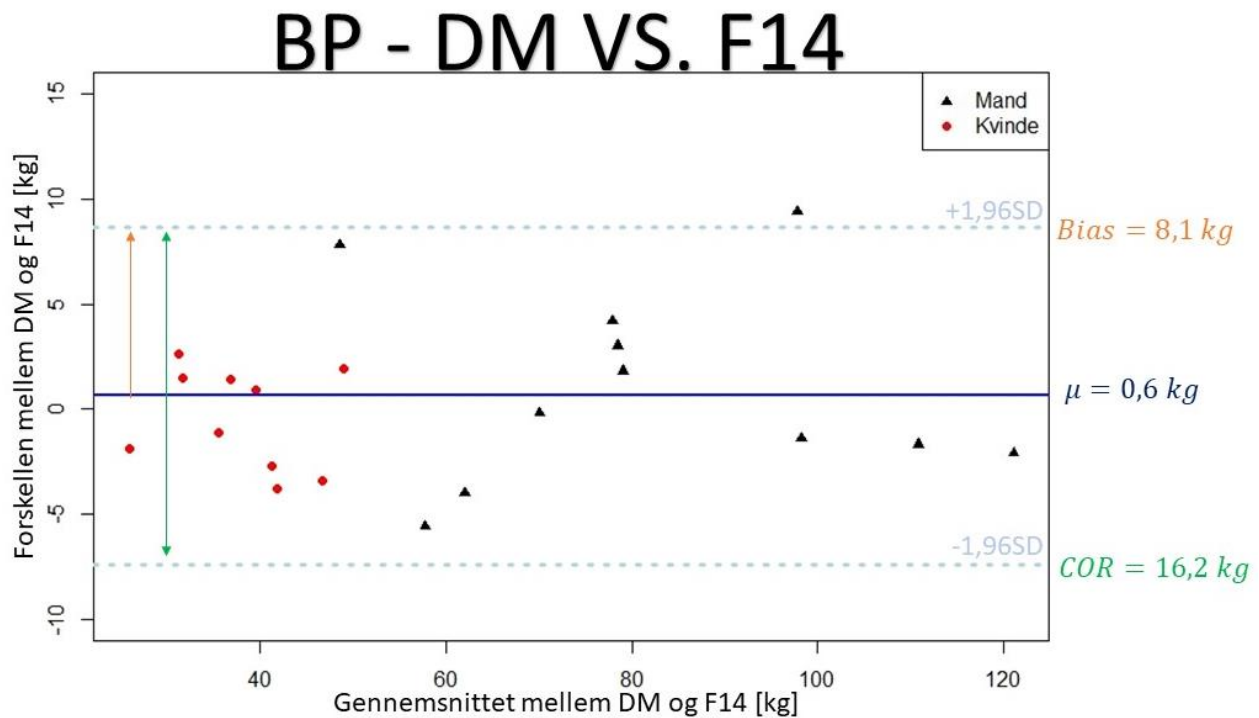
Figur 16 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der ikke fjernet nogle forsøgspersoner, da ingen blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{12} ved BP vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-69,5; 9,5]$, bias er $39,5 \text{ kg}$, COR er 79 kg og $\mu = -30 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 12, som er udarbejdet af Reynolds et al. (2006) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



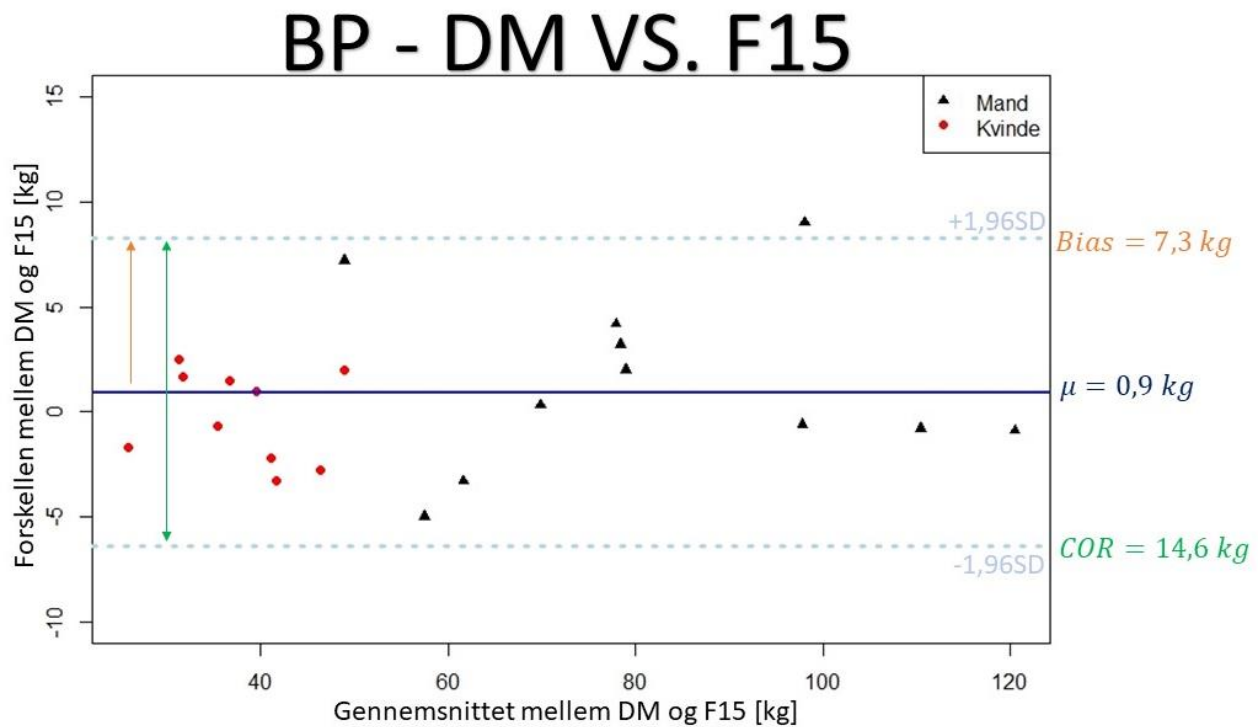
Figur 17 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der ikke fjernet nogle forsøgspersoner, da ingen blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{13} ved BP vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-3,2; 10,3]$, bias er $6,8 \text{ kg}$, COR er $13,6 \text{ kg}$ og $\mu = 3,5 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 13, som er udarbejdet af Tucker et al. (2006) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte.



Figur 18 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

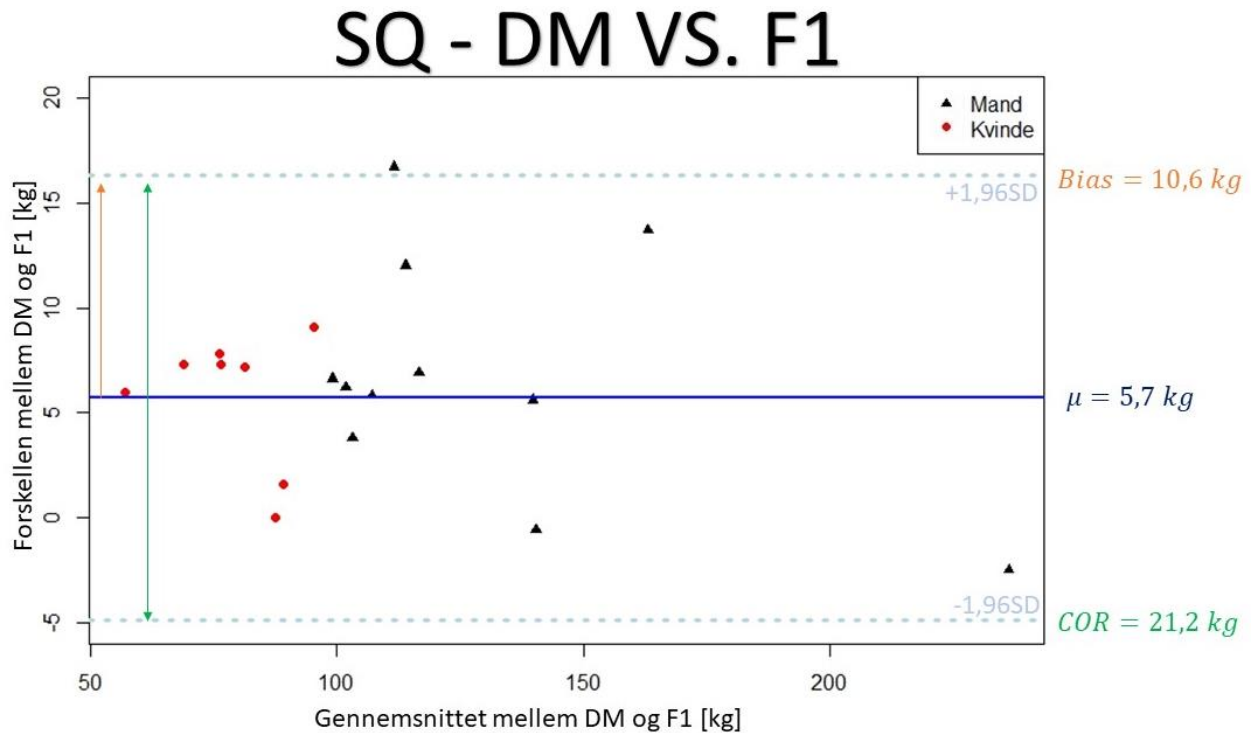
Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{14} ved BP vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[7,4; 8,7]$, bias er $8,1 \text{ kg}$, COR er $16,2 \text{ kg}$ og $\mu = 0,6 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 14, som er udarbejdet af Wathen (1994) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte.



Figur 19 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

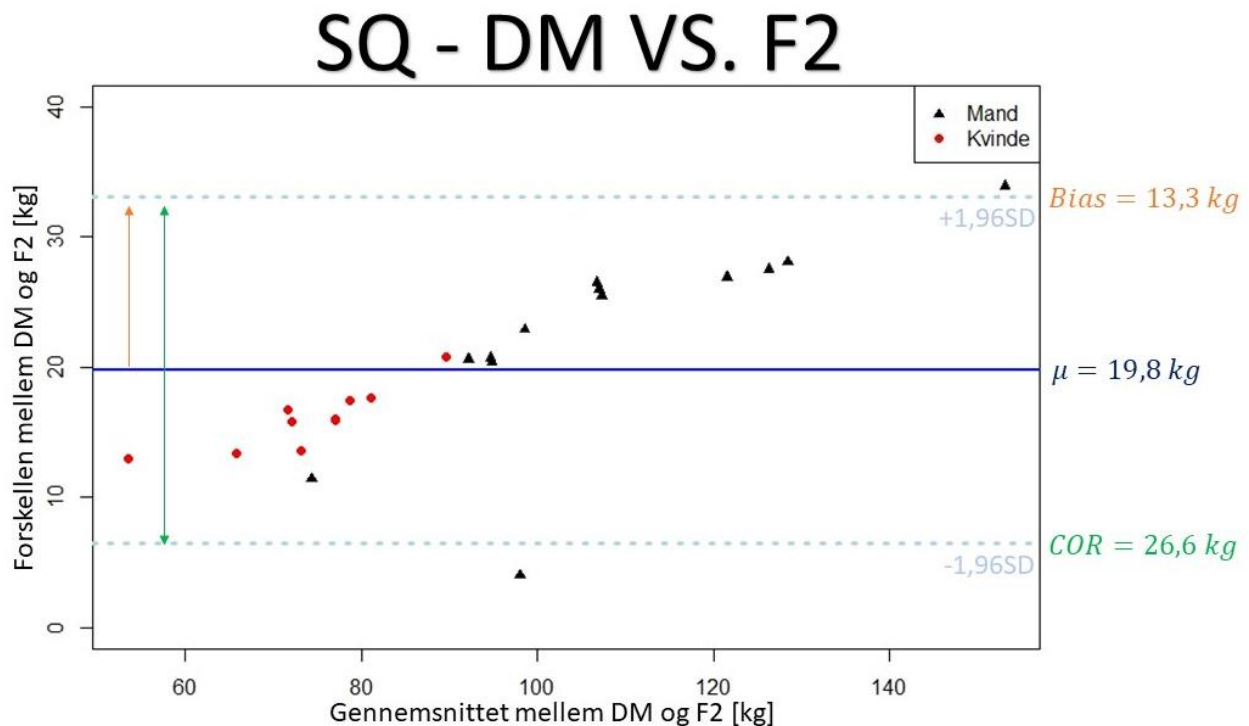
Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{15} ved BP vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-6,4; 8,3]$, bias er $7,3 \text{ kg}$, COR er $14,6 \text{ kg}$ og $\mu = 0,9 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 15, som er udarbejdet af Weldon (1988) til at estimere 1RM nøjagtigt i BP udført med frivægte.

SQUAT



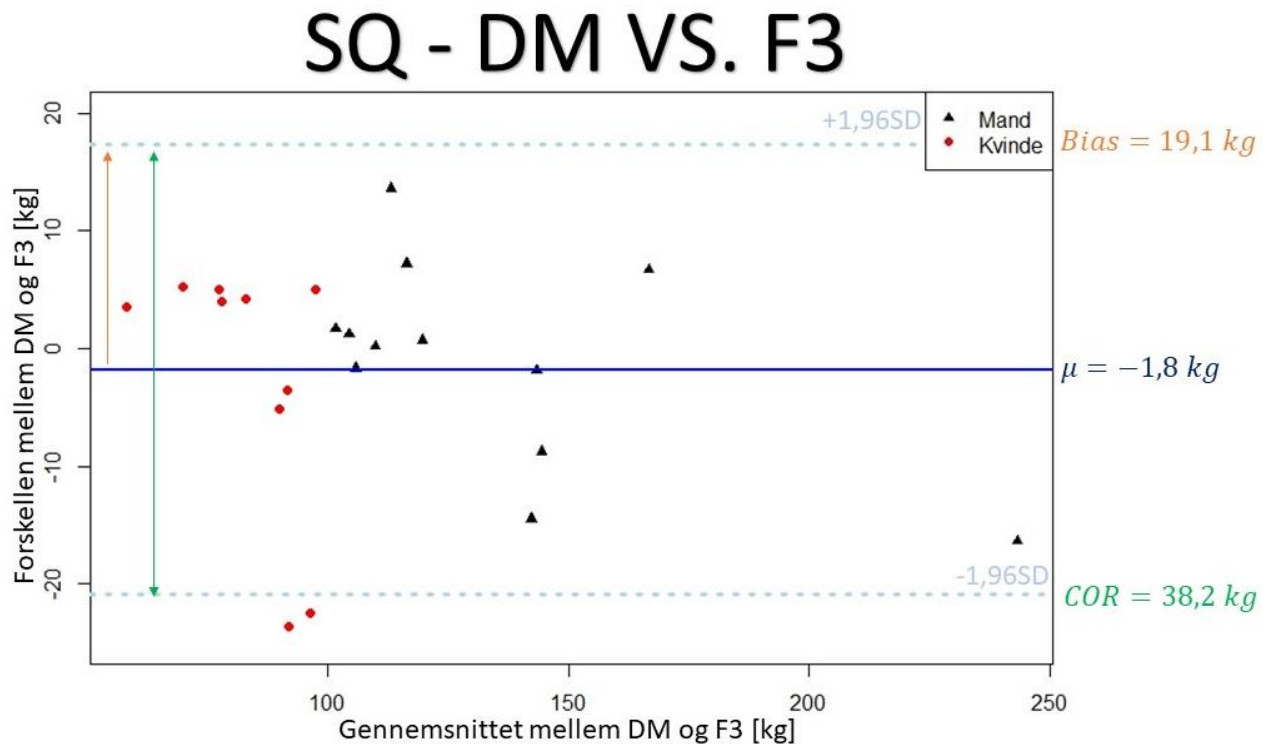
Figur 20 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet fire forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_1 ved SQ vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-4,9; 16,3]$, bias er 10,6 kg, COR er 21,2 kg og $\mu = 5,7 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 1, som er udarbejdet af Adams (1998) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte.



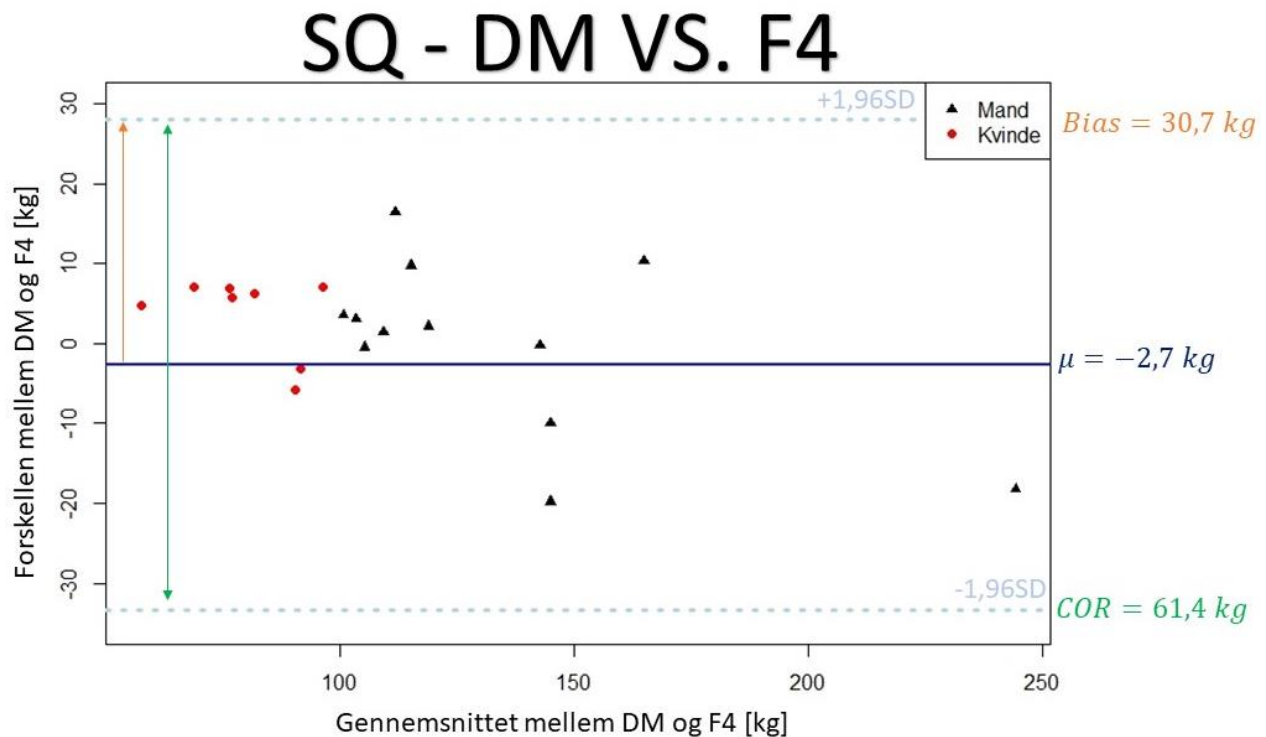
Figur 21 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet en forsøgsperson, da vedkommende blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_2 ved SQ vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[6,5; 33,1]$, bias er $13,3 \text{ kg}$, COR er $26,6 \text{ kg}$ og $\mu = 19,8 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 2, som er udarbejdet af Berger (1970) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



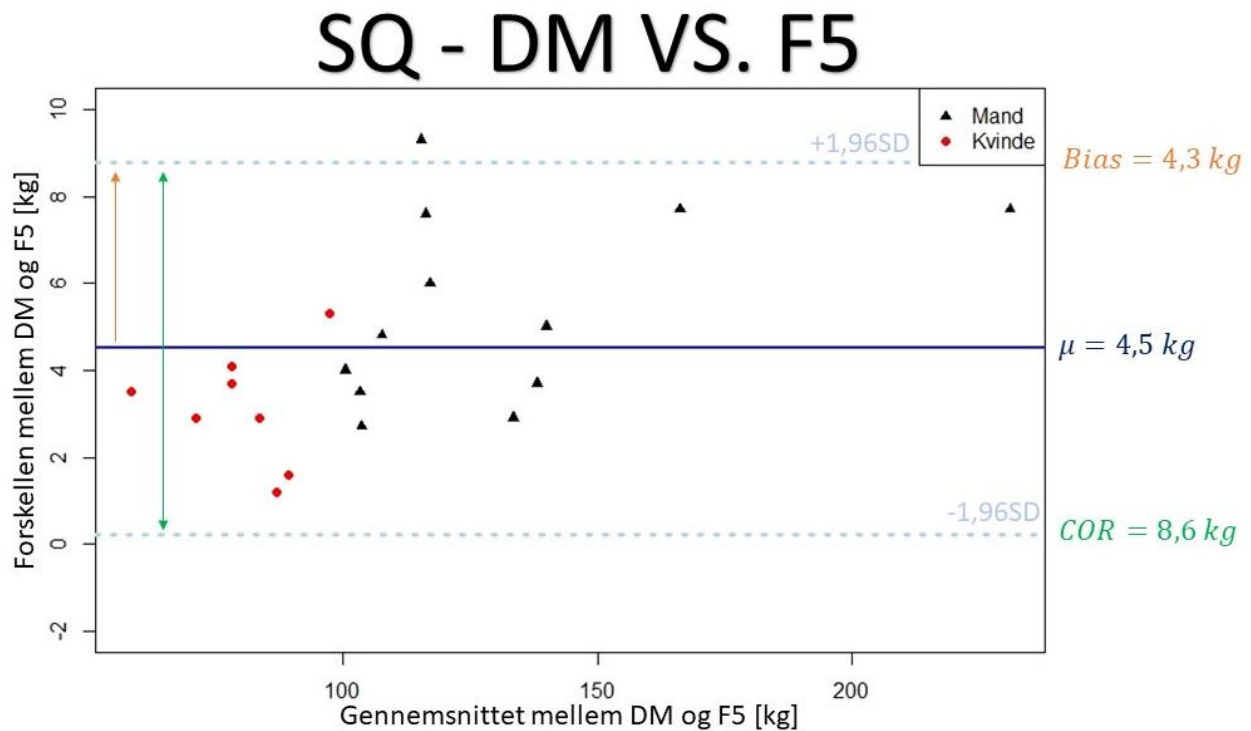
Figur 22 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_3 ved SQ vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-6,1; 9,2]$, bias er $19,1 \text{ kg}$, COR er $38,2 \text{ kg}$ og $\mu = -1,8 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 3, som er udarbejdet af Brown (1992) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



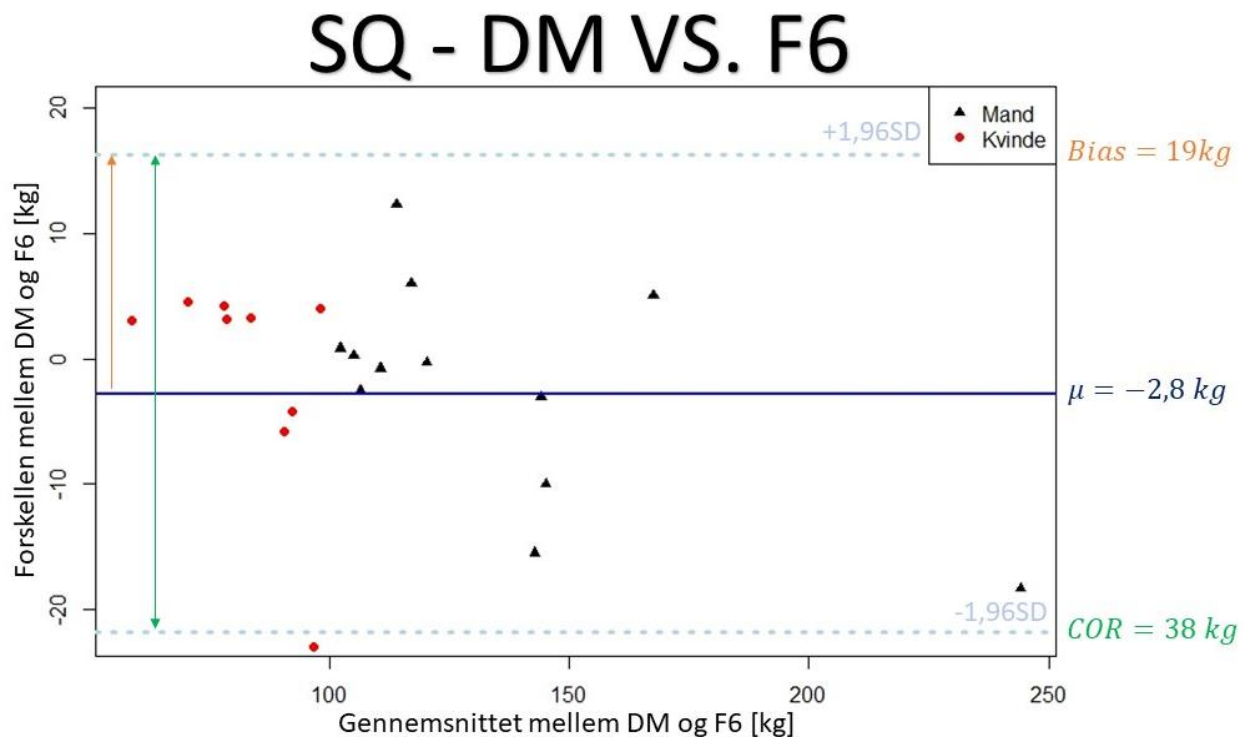
Figur 23 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_4 ved SQ vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-33,4; 28]$, bias er $30,7 \text{ kg}$, COR er $61,4 \text{ kg}$ og $\mu = -2,7 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 4, som er udarbejdet af Brzycki (1993) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



Figur 24 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

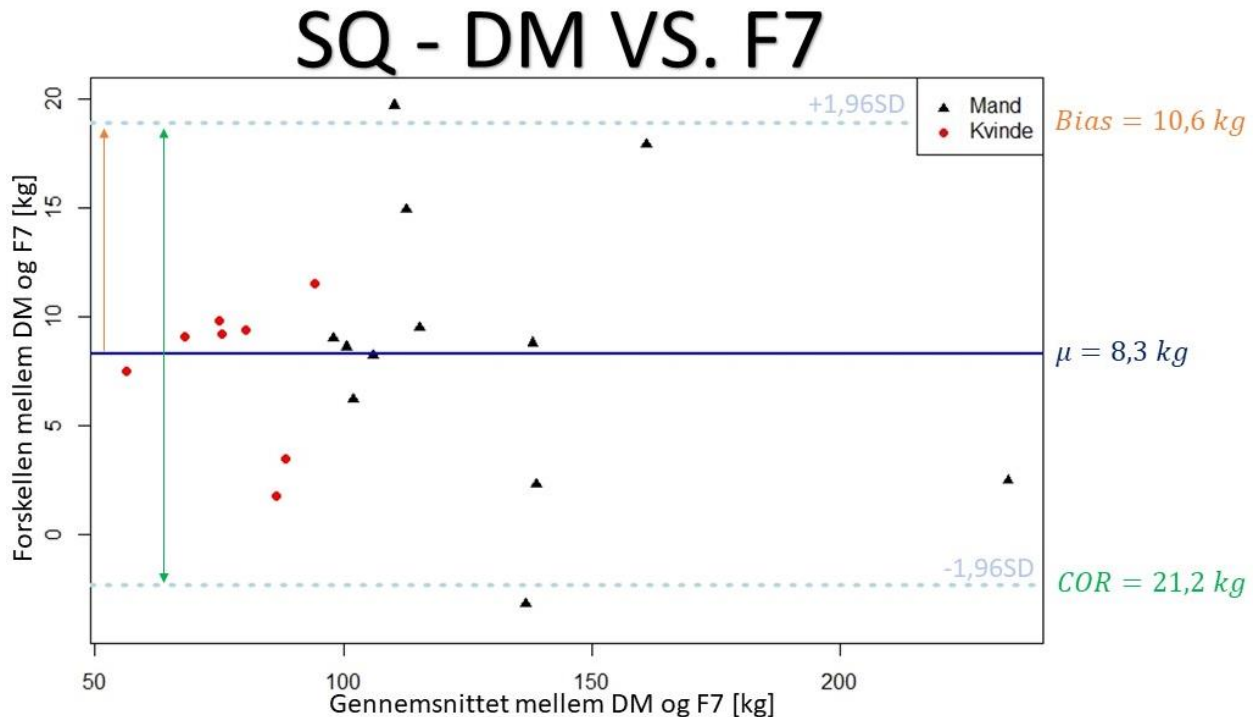
Ved dette B&A plot er der fjernet fire forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_5 ved SQ vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[0,2;8,8]$, bias er $4,3 \text{ kg}$, COR er $8,6 \text{ kg}$ og $\mu = 4,5 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 5, som er udarbejdet af Cummings & Finn (1998) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte.



Figur 25 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

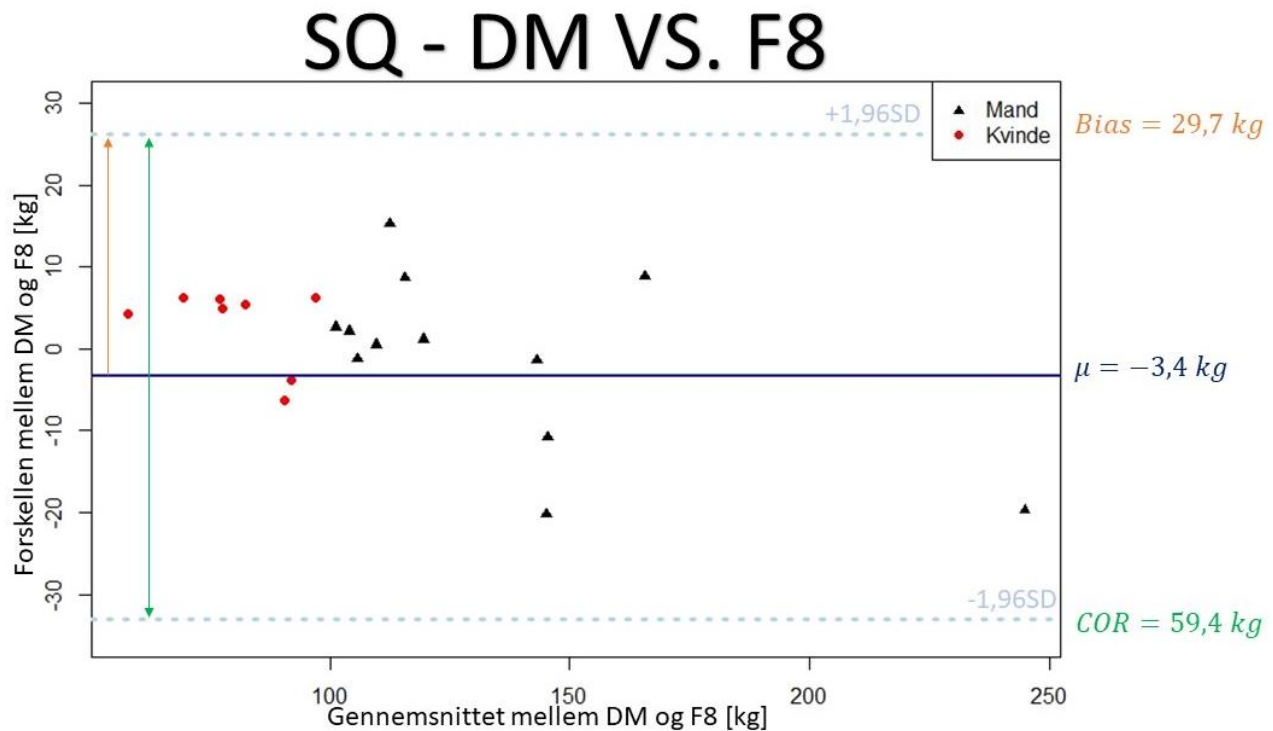
Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_6 ved SQ vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-21,8; 16,2]$, bias er 19 kg, COR er 38 kg og $\mu = -2,8 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 6, som er udarbejdet af Epley (1985) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede,

hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



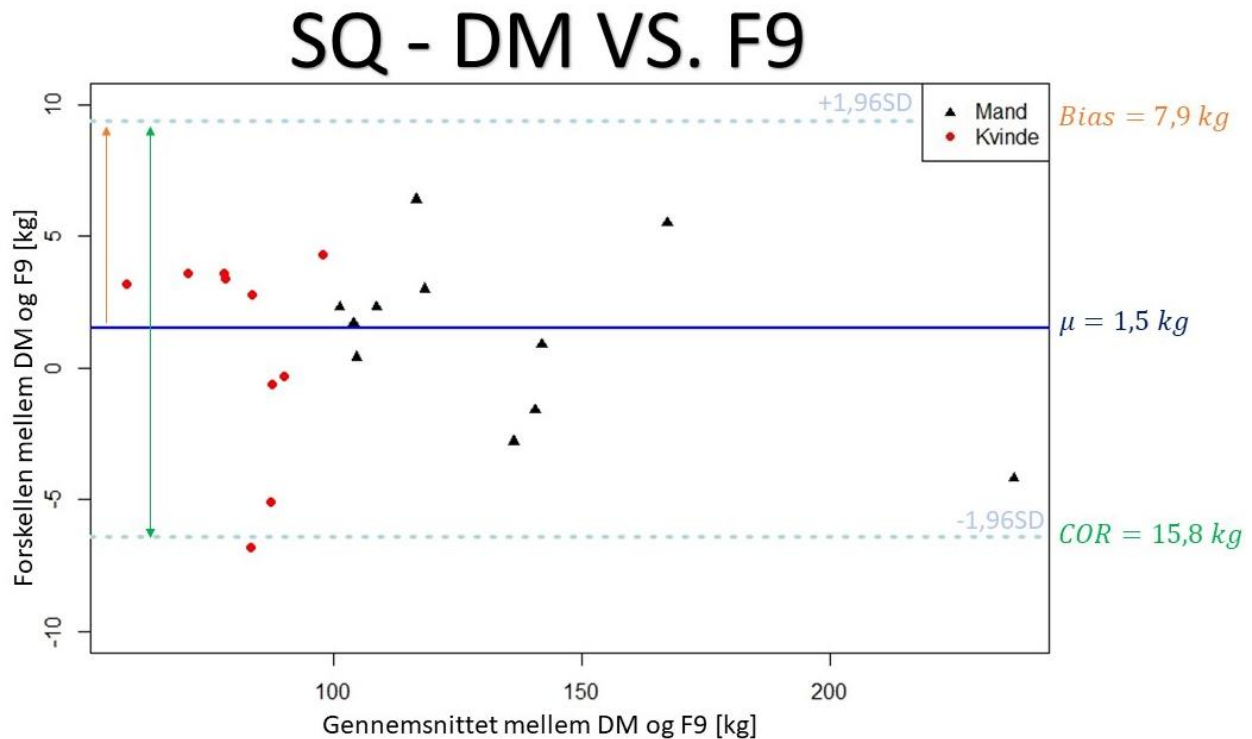
Figur 26 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet fire forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_7 ved SQ vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-2,3; 18,9]$, bias er 10,6 kg, COR er 21,2 kg og $\mu = 8,3 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 7, som er udarbejdet af Kemmler et al. (2006) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte.



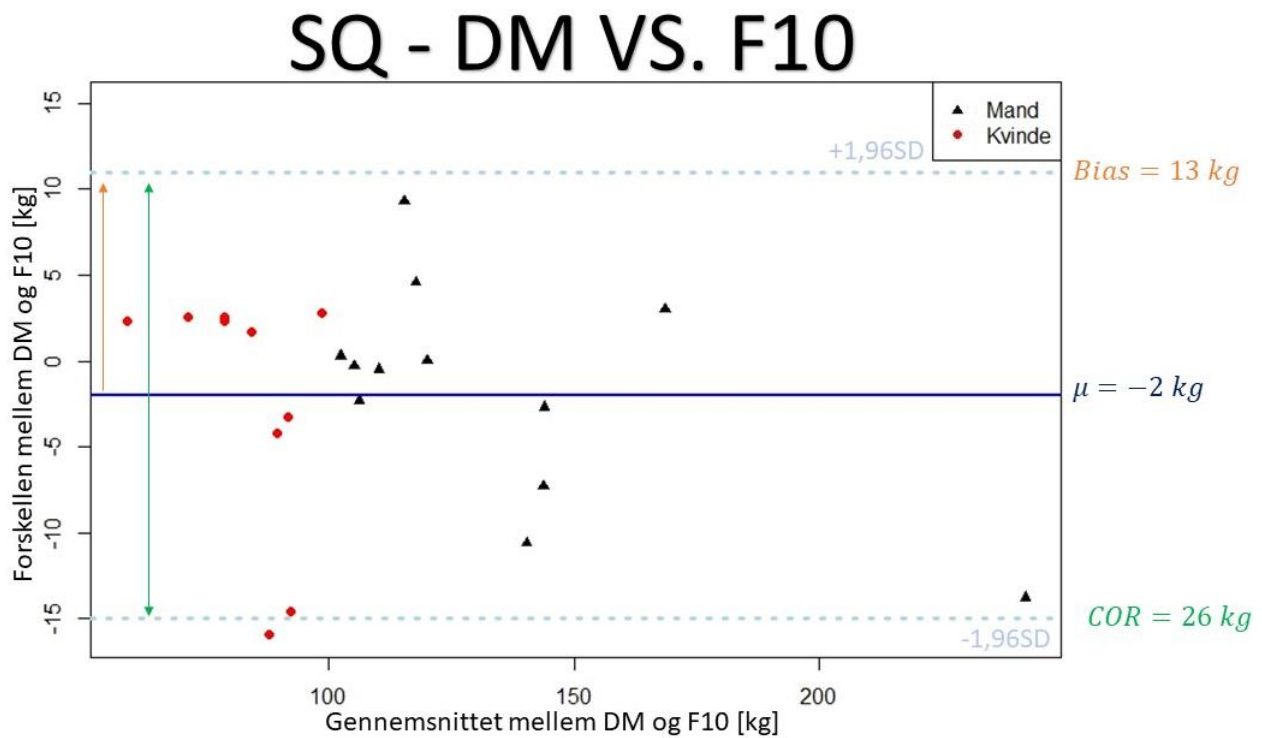
Figur 27 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_8 ved SQ vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-33,1; 26,3]$, bias er $29,7 \text{ kg}$, COR er $59,4 \text{ kg}$ og $\mu = -3,4 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 8, som er udarbejdet af Lander (1985) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



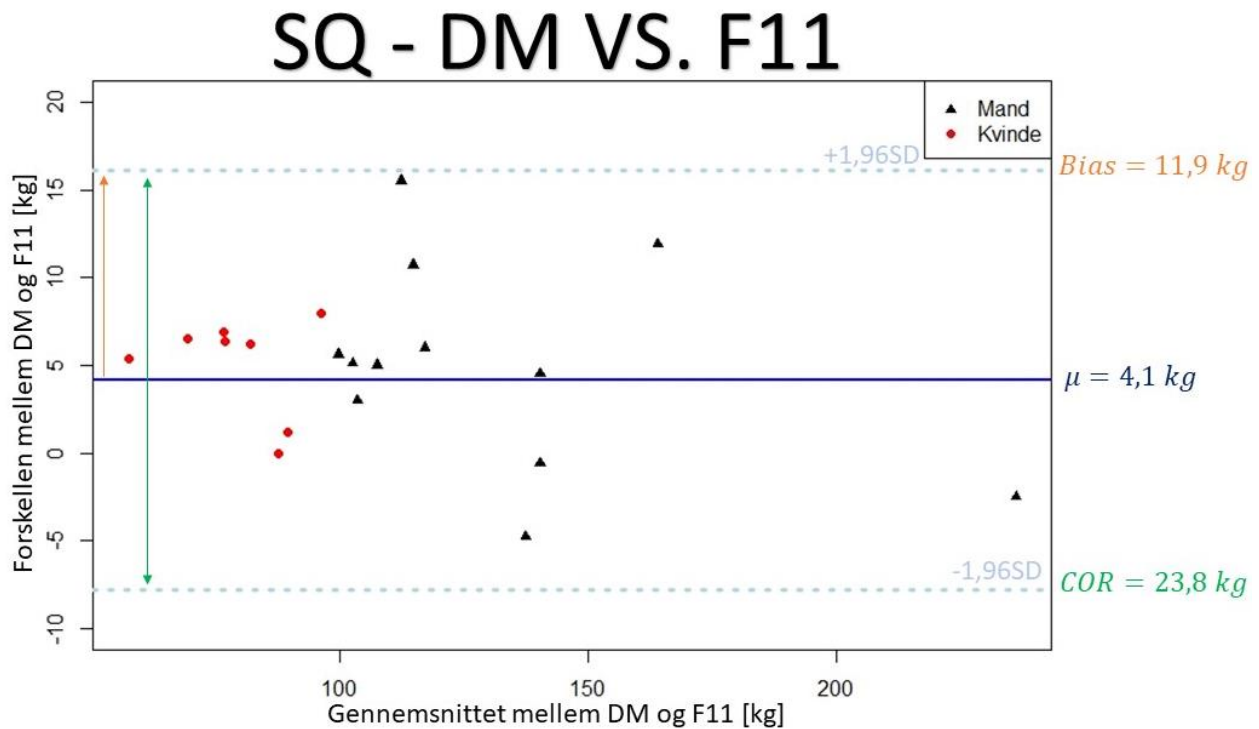
Figur 28 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_9 ved SQ vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-6,4; 9,4]$, bias er $7,9 \text{ kg}$, COR er $15,8 \text{ kg}$ og $\mu = 1,5 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 9, som er udarbejdet af Lombardi (1989) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte.



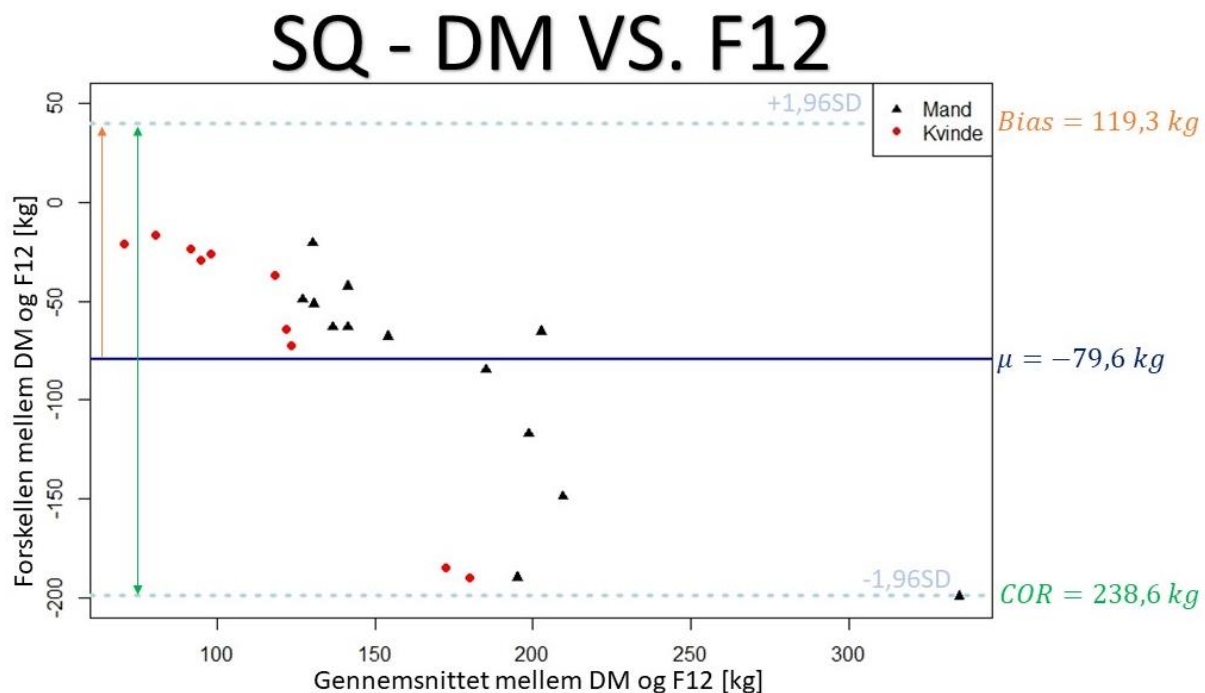
Figur 29 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{10} ved SQ vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-15; 11]$, bias er 13 kg, COR er 26 kg og $\mu = -2 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 10, som er udarbejdet af Mayhew et al. (1992) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte.



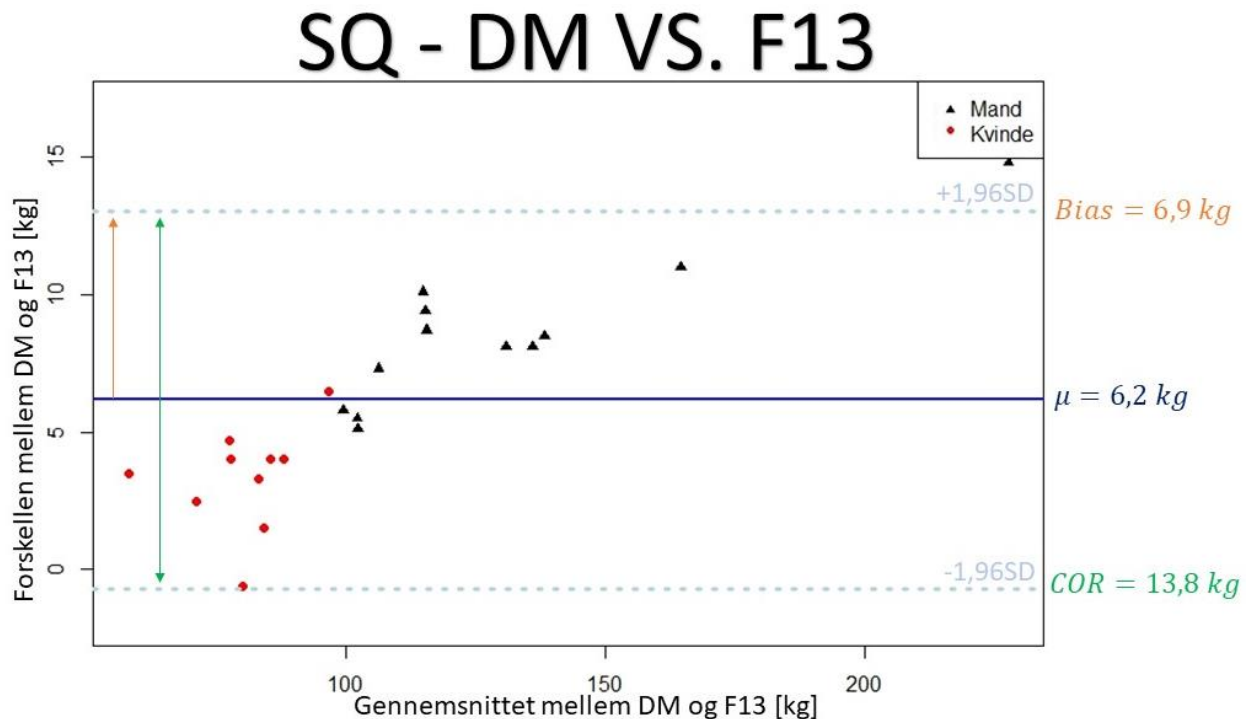
Figur 30 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet tre forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{11} ved SQ vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-7,8; 16,1]$, bias er $11,9 \text{ kg}$, COR er $23,8 \text{ kg}$ og $\mu = 4,1 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 11, som er udarbejdet af O'Connor et al. (1989) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte.



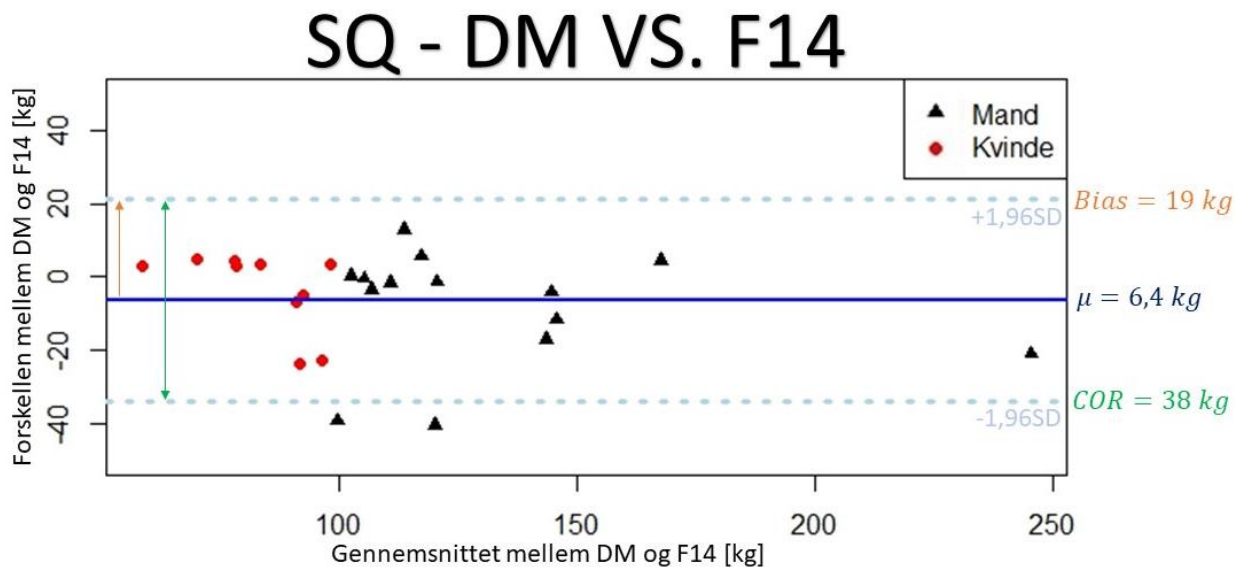
Figur 31 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet en enkelt forsøgsperson, da vedkommende blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{12} ved SQ vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-198,9; 39,7]$, bias er $119,3 \text{ kg}$, COR er $238,6 \text{ kg}$ og $\mu = -79,6 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 12, som er udarbejdet af Reynolds et al. (2006) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte, da der er en general overestimering til stede, hvilket kan betyde at udøveren forsøger at løfte for tungt og derved kan komme til skade.



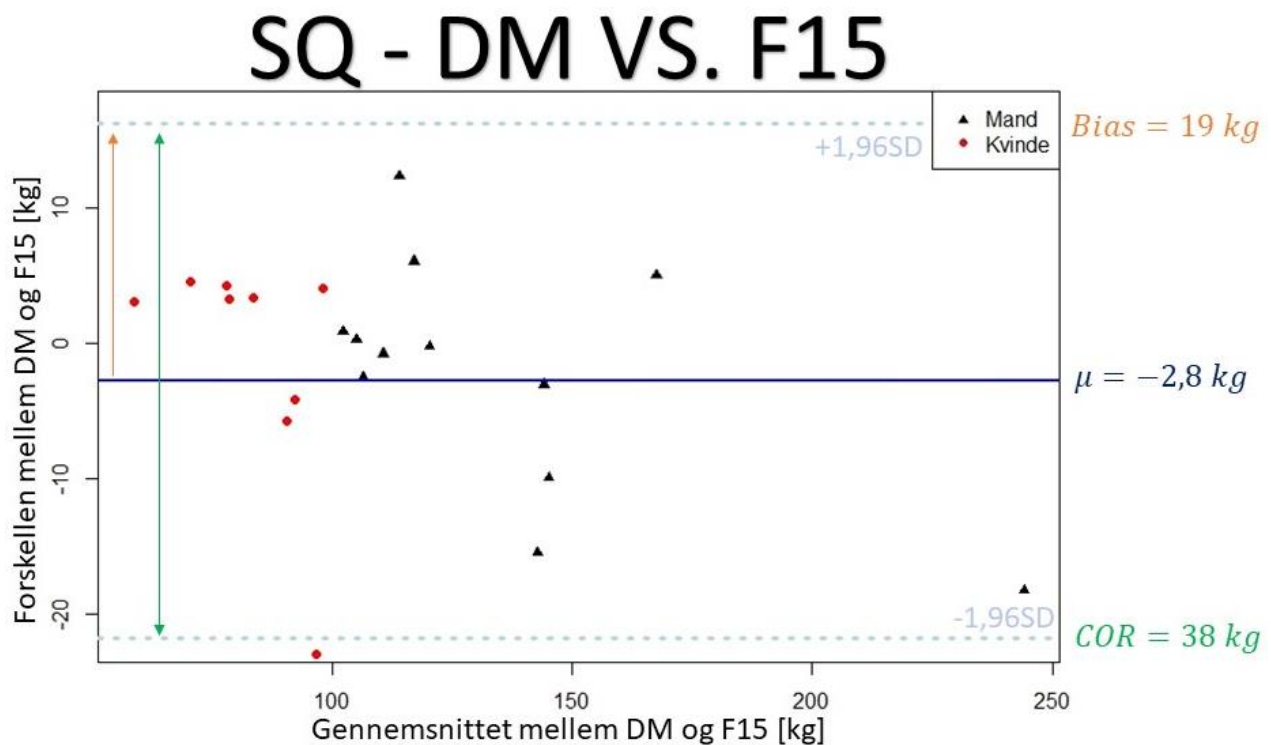
Figur 32 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{13} ved SQ vurderes til at være høj, da punkterne ligger i intervallet $[-0,7; 13,1]$, bias er 6,9 kg, COR er 13,8 kg og $\mu = 6,2 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså hensigtsmæssigt at anvende formel 13, som er udarbejdet af Tucker et al. (2006) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte.



Figur 33 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der ikke fjernet nogle forsøgspersoner, da ingen blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{14} ved SQ vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-34; 21,1]$, bias er 19 kg, COR er 38 kg og $\mu = 6,4 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 14, som er udarbejdet af Wathen (1994) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte.



Figur 34 - Et B&A plot viser forskellen mellem to metoder (y-aksen) sat op imod gennemsnittet af de to metoder (x-aksen). Den mørkeblå linje er gennemsnittet μ og de to lyseblå linjer er $\mu \pm 1,96SD$.

Ved dette B&A plot er der fjernet to forsøgspersoner, da de blev vurderet til at være en OL jf. metodeafsnittet. Overensstemmelsen mellem DM og F_{15} ved SQ vurderes til at være lav, da punkterne ligger i intervallet $[-21,8; 16,2]$, bias er 19 kg, COR er 38 kg og $\mu = -2,8 \text{ kg}$. Hvilket er bedømt ud fra vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. Det er altså ikke hensigtsmæssigt at anvende formel 15, som er udarbejdet af Weldon (1988) til at estimere 1RM nøjagtigt i SQ udført med frivægte.

DISKUSSION

Fælles for LVM og XRM-formlerne som er holdt op imod DM i hhv. *BP* og *SQ*, er at resultaternes differenser er normalfordelte, da samtlige *W*-værdier er 0,8 eller derover og det hensigtsmæssige er at $W = 1$. Derudover er tre af *p*-værdierne for *BP* under 0,05, hvor der her er vurderet på, ud fra hhv. Q-Q-plottene og histogrammerne, om data var normalfordelt. Ved *SQ* var otte af *p*-værdierne under 0,05, hvor der blev kigget på hhv. Q-Q-plottene og histogrammerne for at afgøre om data var normalfordelt. Det blev altså vurderet at al differens data var normalfordelt og at B&A analyse kunne anvendes til at vurdere graden af overensstemmelse. Der blev kørt en log transformering på det data som ikke i første øjekast så normal fordelt ud jf. (Giavarina, 2015). Det var efter logtransformeringen muligt at bedømme om differensdatasættet fulgte en normalfordeling. For at logtransformeret data giver en brugbar værdi bør det transformeres tilbage til dets originale værdier, som i dette projekts tilfælde er kg. Dette gøres ved at tage *exp*-funktionen på det logtransformeret differensdatasæt. Dette er grunden til at Giavarina (2015) anbefaler at anvende logtransformering og ikke anbefaler at anvende andre transformeringsmetoder, da logfunktionen har en inversfunktion (ibid.; Poulsen, 2015).

LVM

Vægt-/hastighedsresultaterne som er fundet i dette projekt indikerer, at LVM ikke er en hensigtsmæssig metode at anvende til at estimere 1RM med nok præcision ved disse to frivægtsstyrketræningsøvelser. Dette kunne skyldes, at en nogle af forsøgspersonerne ikke havde en idé om hvad deres 1RM var i de to styrketræningsøvelser på trods af at de var vant til at træne med frivægte. De forsøgspersoner, som havde deres tvivl om hvad deres 1RM var blev udspurgt om til deres træningspas rutiner i hverdagen, for at forskeren i samarbejde med forsøgspersonen kunne skønne hvad deres 1RM kunne være i de to pågældende frivægtsstyrketræningsøvelser. Dette kunne have været undgået hvis der var sat et inklusionskrav om at forsøgspersonerne skulle kende deres 1RM i de to styrketræningsøvelser som blev udført i dette forsøg. Flere af de kvindelige forsøgspersonerne var vant til at træne med lav vægt på stangen, men derimod med mange gentagelser, hvilket

gjorde at de aldrig havde udført en 1RM test før i de to øvelser. Andre af forsøgspersonerne kendte deres 1RM, hvilket gjorde det let at udføre 1RM testen (DM) og flere opnåede PR under dette forsøg, hvilket var en af de fordele som var forbundet ved at deltage i dette projekt. Da der blev gættet på 1RM ved enkelte forsøgspersoner, blev 1RM testen også derefter, hvilket i et enkelt tilfælde kun gav to sæt. Og to sæt er simpelthen for lidt til at kunne give en præcis estimeringsanalyse. Da der ved denne forsøgsperson blev anvendt to-punkts-formlerne ($a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$, $b = y_1 - ax_1$) for lineære funktioner ($y = a \cdot x + b$) til at bestemme modellen, men da der kun var to punkter, er denne model meget upræcis. Resten af forsøgspersonernes modeller blev bestemt ved polynomielle regressionsmodeller. I dette projekt blev der kun målt på vægt-/hastighedsforholdet, hvorimod Picerno et al. (2018) både målte på vægt-/hastighedsforholdet og kraft-/hastighedsforholdet. Dette gav to grafer, som bestod af en lineær funktion (kraft-/hastighedskurve) og et andengradspolynomium (vægt-/hastighedskurve) som blev plottet i det samme koordinatsystem. De to funktioner havde to skæringspunkter med hinanden, hvor skæringspunktet ($V_1; W_{thresh}$) blev udvalgt, da den havde den højeste y-værdi som repræsenterede den estimerede 1RM. Disse to styrketræningsøvelser blev udført i et Smith stativ hvor der kun blev målt på den koncentriske fase af løftet, dvs. at løftet i Picerno et al. (2018) kun blev udført i det vertikale plan. Hvorimod styrketræningsøvelserne i dette projekt er udført med frie vægte, hvilket stiller større krav til forsøgspersonernes tekniske færdigheder, da der blev løftet i alle tre plan, hvor der i dette projekts forsøg blev målt igennem hele løftet ved hhv. DM og XRM. Altså blev der målt under hhv. den excentriske og koncentriske fase, hvilket adskiller sig væsentligt fra Picerno et al. (2018) fremgangsmåde. Banyard et al. (2017) har undersøgt reliabiliteten og validiteten af vægt-/hastighedsforholdet ved estimering af 1RM i back squat med frie vægte. De kom frem til at både reliabiliteten og validiteten var moderat, men at 1RM ikke kunne estimeres præcist nok, fordi resultaterne varierede for meget. I deres forsøg

brugte de individuelle lineære regressions ligninger, som er fundet ud fra hhv. 3,4 og 5 sæt, til at bestemme den gennemsnitlige koncentriske hastighed (V_{1RM}). Dette blev gjort ved at indsætte V_{1RM} -værdien i de individuelle regressionsligninger, for at bestemme den estimerede 1RM. Men de konkluderer at V_{1RM} har en dårlig reliabilitet og skriver indirekte, at dette kunne være grunden til at 1RM ikke kunne estimeres med god nok præcision. Banyard et al. (2017) fremgangsmåde er endnu et forslag til en estimeringsmetode som kan anvendes til at estimere 1RM ved styrketræningsøvelser. Denne metode kunne have været fordelagtigt at anvende på de data som er fundet i dette projekt, for at se om det kunne estimere 1RM bedre end ved den valgte metodik, som er udarbejdet med udgangspunkt i metodikken anvendt af Picerno et al. (2016).

Picerno et al. (2016) fremgangsmåde er anderledes end dette projekts fremgangsmåde, da de brugte to sessioner ved deres test. Ved den første session har de fundet 1RM ved den direkte metode, uden at lave målinger undervejs. Tre dage efter første session har de lavet den indirekte metode, hvor forsøgspersonerne har løftet 50% 5-6 gentagelser af den fundne 1RM ved 1. session, 65% 4-5 gentagelser af den fundne 1RM og 80% 3-4 gentagelser af den fundne 1RM. Denne fremgangsmåde følger tidligere studiers fremgangsmåde som anvender kraft-/hastighedsforholdet til at estimere 1RM ved koncentrisk arbejde udført i et Smith stativ. (Jidovtseff et al., 2011; Rontu et al., 2010; Rahmani et al., 2001; Bosquet et al., 2010). Samtlige forsøgspersoner blev bedt om at hvert løft skulle udføres med maksimal hastighed og at de først måtte begynde det efterfølgende løft når det andet var helt færdig (Jidovtseff et al., 2011; Rontu et al., 2010; Rahmani et al., 2001; Bosquet et al., 2010; Bosco et al., 1995; Lund et al., 2006; Padulo et al. 2012; Pearson et al. 2009). Derudover afveg fremgangsmåden ved at hastighedsmålingerne blev lavet under den direkte metode, hvilket blev mere end tre målinger, som Picerno et al. (2016) kun havde. Dette gjorde at protokollen var mindre tidskrævende og derved kunne der rekrutteres

flere forsøgspersoner. Picerno et al. (2016) lavede også kraft målinger, hvilket den linear encoder i dette projekt ikke kunne. Den indirekte metode, altså 80% af 1RM, som blev løftet indtil udmattelse, blev brugt til at estimere 1RM ud fra 15 tidligere formler, for at kunne undersøge hvor præcise disse formler er til at estimere 1RM. Dette udvidede dette projekts fremgangsmåde ift. Picerno et al. (2016). Essensen i denne undersøgelse var, at forsøgspersoner udførte løftene med frivægte og derved var der et meget større datasæt, som skulle behandles.

Orange et al. (2019) testede en håndholdt inert sensor, som med fordel kunne være blevet tilføjet som måleinstrument, da de konkluderede at yderligere forskning var nødvendig af PUSH. De undersøgte tilsvarende frivægtsstyrketræningsøvelser som i dette projekt og derfor kunne dette projekt muligvis underbygge deres resultater, hvis den samme fremgangsmåde var anvendt og det samme måleudstyr GymAware PowerTool Linear position transducer havde været tilgængeligt. Men der var kun adgang til et linear encoder kit fra Chronojump (Boscosystem®), så det var ikke muligt at tilføje den håndholdte inert sensor som endnu et måleredskab ved målingerne og derved have mere data at analysere.

De ovenstående studier havde alle sammen flere test dage, hvor en af testdagene var en familiseringsdag, hvorimod der i dette projekt kun var en test dag. Fordelene ved kun at have en test dag var at det var lettere at rekruttere forsøgspersoner, da de kun skulle afsætte en kalender dag og ikke flere. Det var altså mindre tidskrævende at deltage i dette forsøg kontra forsøgende fra de ovenstående nævnte projekter. Derudover var det en fordel at stille skærpede krav til forsøgspersonerne i form af dette projekts inklusionskriterier, da de forsøgspersoner som deltog i dette forsøg, havde minimum et års erfaring i styrketræning med frivægte. Hvilket gjorde, at det ikke var nødvendigt med en familiseringstest/tilvænnningstest. I tilfælde, af at forsøgspersonerne havde spørgsmål under forsøget, blev dette forklaret

og vist af forskeren, så der ikke var nogen tvivlsspørgsmål under optagelserne. Dette blev gjort for at der ikke kom unødvendige pauser i løbet af forsøget eller at optagelserne blev forskellige. Der blev altså lagt meget energi i at vejlede forsøgspersonerne under forløbet og opmuntre dem ved hvert løft til at give sig fuldt ud. Fordelene ved at have fordelt forsøget ud på flere dage, kunne have været at der den første dag var mulighed for kun at udføre en intro til de to test protokoller og derved spare tid i det lange løb, da samtlige deltagere vidste præcis hvad der skulle ske og hvordan alt skulle udføres. En anden vigtig faktor er udmattelse, da forsøgspersonerne i dette forsøg havde forudbestemte pauser, som blev overholdt slavisk via den indbyggede timer i Chronojump softwaren fra Boscosystem®, disse pauselængder var videnskabeligt underbygget, men vi er forskellige som mennesker og nogle havde muligvis brug for yderligere pauser for at kunne præstere optimalt. Derudover er der forskel på atleter ved 1RM test, hvilket er undersøgt af Hoeger et al. (1990). De konkluderer, at der er stor forskel på hvilken type atlet og køn der udfører 1RM test. Derfor er det hensigtsmæssigt at afdække hvilken type atleter der har deltaget i dette projekt. Dette kunne have været gjort ved et anonymt spørgeskema. Da der i dette projekt har været eliteatleter fra diverse idrætsgrene, som hhv. repræsenterer udholdenhedsatleter og eksplosive/sprint atleter af begge køn. Der har også været almene motionister, som deltagere, der ikke nødvendigvis ved hvilken type atlet de er. Det kan antydes, at forsøgspersoner som kunne tage mere end 15 gentagelser ved XRM-testen kunne være udholdenhedsatleter, men dette er ikke noget man kan fastslå med sikkerhed ud fra dette. Dette kunne blandt andet skyldes, at forsøgspersonerne der kunne tage >15 gentagelser sagtens kunne have underpræsteret ved 1RM testen (DM), da de muligvis er blevet udmattet før den reelle 1RM er fundet. Men da der er fulgt NSCA's anbefalinger for 1RM testning og pauserne er overholdt, formodes det ikke at dette er grunden. Så det ville have været fordelagtigt at

have mere information om de ubekendte om hver forsøgsperson, hvilket også er nævnt i indledningen.

Milone & Erdos (2017) estimerede 3RM ud fra vægt-/hastighedsforholdet i hhv. back squat og bænkpres udført med frivægte, hvor de fandt frem til den nødvendige gennemsnitlige koncentriske hastighed for at kunne udføre et korrekt løft ved hhv. SQ var 0,25 m/s og ved BP var 0,12 m/s. I deres forsøgsdesign havde de også kun en test session, bestående af en dynamisk opvarmning efterfulgt af de to test protokoller, så dette mindede meget om den samme fremgangsmåde som var anvendt i dette projekt. Da dette projekt og Milone & Ergos (2017) har anvendt meget sammenlignelige fremgangsmåder ved deres forsøg, kunne det være interessant, hvis man i stedet for at anvende skæringspunktet ved 0 m/s, anvende de to skæringspunkter foreslået af Milone & Erdos (2017) til at estimere 1RM i de to frivægtsstyrketræningsøvelser. Dette kunne være en udvidelse af dette projekts resultatafsnit at indsætte de to hastighedsdata i polynomierne for at finde den nye estimerede 1RM-værdi. Den store forskel fra deres projekt kontra denne rapport var, at deres forsøgspersoner havde betydeligt mere erfaring med styrketræning med frivægte. De havde 4,8 år ($\pm 2,7$ år), hvor forsøgspersonerne heri kun fulgte Sayers et al. (2018) minimumskrav til motionisterne på et år, men flere af forsøgspersonerne i dette forsøg havde mere end et års erfaring. For at afgøre hvor meget erfaring forsøgspersonerne i dette projekt egentlig havde ville det have været smart at indhente flere oplysninger om dem via et spørgeskema. I det forsøg blev der kun målt på motionister i et Smith stativ, hvor bevægelsen blev låst til det vertikale plan, og der blev kun udført BP (Sayers et al., 2018), så det kunne være hensigtsmæssigt at have målt på motionister med mere erfaring end blot et år, som minimumskrav. Dette var egentlig også hensigten i dette forsøg, men det var ikke muligt at rekruttere styrkeløftere, som deltog i konkurrencer, da de ikke ville risikere skader eller bruge unødvendig energi i et forskningsforsøg på at udføre 1RM tests, når det ikke var ved en konkurrence. Det ville

simpelhenet gå udover deres daglige træningsrytme og derfor blev de ekskluderet i dette projekt og motionisterne blev valgt i stedet for.

Sayers et al. (2018) undersøgte også hvilken hastighed, V_{mean} v V_{peak} , der bedst kunne anvendes til at estimere 1RM præcist ved BP-øvelsen udført i et Smith stativ. De konkluderede at V_{peak} gav det mest præcise resultat i estimeringen af 1RM ved tre vægtprocentsatser af 30,40 & 50% af 1RM. I dette projekt brugte jeg kun V_{mean} og det kunne være en udvidelse af projektet at undersøge om resultaterne ville ændre sig betydeligt ved at anvende V_{peak} i stedet for, det skal dog bemærkes at Sayers et al. (2018) kun undersøgte BP udført i et Smith stativ. Da dette er en større operation at bestemme V_{peak} ved samtlige hastighedsdata, har det ikke været muligt grundet tidsaspektet at anvende V_{peak} i stedet for V_{mean} , men det kunne være interessant, hvis andre undersøgte forskellen mellem resultaterne fundet ved brug af V_{mean} som blev anvendt i denne rapport med V_{mean} .

Spitz et al. (2019) understøtter Sayers et al. (2018) i at bruge V_{peak} til at estimere 1RM, men de understøtter også dette projekt da de også undersøgte V_{mean} og ved begge hastighedsmetoder blev der fundet signifikante effekter for relativ belastning. Og Spitz et al. (2019) undersøgte både vægt-/hastighedsforholdet ved front og back squat med frivægte, hvor der i dette projekt kun blev undersøgt på back squat. Derfor er der på baggrund af Spitz et al. (2019) konklusion ikke valgt at ændre V_{mean} til V_{peak} , men det kunne være interessant at undersøge om det ville ændre resultaterne betydeligt, hvis den anden hastighedsmålingsmetode blev anvendt.

Hughes et al. (2019) undersøgte reliabilitet og validiteten af vægt-/hastighedsmetoden som estimeringsmetode for 1RM ved back squat. De undersøgte tre forskellige metoder, som var hhv. minimal velocity threshold 1RM, load at zero velocity 1RM og force-velocity 1RM methods. Den anden metode, hvor de kigger på 0-hastigheden, konkluderede de at denne metode var forholdsvis pålidelig, hvorimod minimal velocity threshold metoden var mere pålidelig og derfor den de anbefaler at man benytter, hvis man skal

estimere 1RM i back squat. Den første metode, minder om den metode som Picerno et al. (2016) anvendte til at estimere 1RM, dog hvor de blandede denne metode sammen med den tredje metode. Det kunne have været meget interessant at måle kraft-/hastighedsforholdet samtidig og plotte de to kurver i et koordinatsystem, ligesom Picerno et al. (2016) gjorde. Det kunne også have været en mulighed at se på 0-hastigheden og se om jeg kunne eftervise Hughes et al. (2019) resultater og metodens pålidelighed. Hughes et al. (2019) konkluderer ud fra deres resultater at de ikke vil anbefale at anvende estimerede 1RM til at bestemme træningsbelastninger, da der forekom for store usikkerheder mellem de estimerede 1RM uanset hvilken metode de anvendte og den målte 1RM. De skriver, at ifølge B&A plottene enten blev over eller underestimeret ved hhv. svage og stærke forsøgspersoner og at en sådan trend ikke er andet end en trend, da dette mangler en masse rygdækning, altså kræver det yderligere undersøgelser og mange flere forsøgspersoner til at dette er kan blive en norm. Deres konklusioner understøtter dette projekts resultater, da LVM-resultaterne i dette projekt heller ikke giver anledning til at kunne anbefale at anvende LVM-metoden til at estimere 1RM, grundet hhv. overestimering eller underestimering. Det kunne have været spændende, hvis der i stedet for at følge Picerno et al. (2018) fremgangsmåde, var fulgt Hughes et al. (2019) anbefalingerne til at bestemme 1RM ved vægt-/hastighedsforholdet. Dette blev ikke gjort, da der netop blev konkluderet af Hughes et al. (2019), at LVM ikke er en præcis nok estimeringsmetode og derved mangler der yderligere informationer for at kunne estimere 1RM ud fra vægt-/hastighedsforholdet. Yderligere forskning er derfor nødvendigt indenfor vægt-/hastighedsforholdet før denne metode afskrives.

XRM

XRM-resultaterne i dette projekt indikerer, at der med fordel kan anvendes følgende estimeringsformler til at bestemme 1RM i BP: 4,6,8,9,10,11,14 og 15. Og der kan med fordel anvendes følgende estimeringsformler til at

bestemme 1RM ved *SQ*: 1,5,9,10 og 11. Det ses, at der er to gengangere ved hhv. *BP* og *SQ*, som er formel 10 som er udarbejdet af Mayhew et al. (1992) og formel 11 som er udarbejdet af Lombardi et al. (1989), derfor antages det at disse to formler bør anvendes til at estimere 1RM ved de to frivægtsstyrketræningsøvelser udført af motionister, uden at der vil være risiko for at udøverne bliver skadet, da en over-/under estimering er så lille, at der ikke vil være stor risici for skader. Dette understøttes af Mayhew et al. (2008), som har undersøgt præcisionen ved diverse XRM estimeringsformler. De konkluderede blandt andet at estimeringsformlerne gav det mest præcise resultat, hvis der blev taget færre end 10 gentagelser, hvor der i forsøget udarbejdet i dette projekt var nogle som kom et pænt stykke over 10 gentagelser, de kunne på baggrund af Mayhew et al. (2008) resultater med god grund anses som OL, da estimeringsformlerne ville afvige alt for meget. De forsøgspersoner som tog mere end 10 gentagelser blev ikke udelukkende fravalgt på baggrund af at de tog mere end 10 gentagelser, men derimod blev der udregnet om de var OL ifølge definitionen heraf, som er givet i metodeafsnittet. Nogle af de forsøgspersoner som tog mere end 10 gentagelser faldt ud som OL ved B&A plottene, derfor blev de fjernet og et nyt datasæt blev anvendt til at lave B&A plottene. Der er gjort klart, hvornår et datasæt indeholdt OL og der er dannet en oversigtstabel over hhv. *BP* og *SQ* data, altså det oprindelige, som forefindes i bilagene. Der er i dette projekt lavet en omfangsrig analyse af de 15 mest anvendte XRM estimeringsformler. Dette er en udvidelse ift. tidligere forskningsprojekter, da der i flere nyere artikler er udvalgt én XRM-formel. Dette gør sig blandt andet gældende ved Spitz et al. (2019) som kun anvendte Brzycki estimerings formel (Formel 4) i deres databehandling og udregnede det på baggrund af den fundne 2RM i hhv. front and back squat. I dette projekt kunne Brzycki formel kun anvendes til at estimere 1RM ved BP og ikke SQ. Så dette afviger fra Spitz et al. (2019) resultater, der udelukkende benyttede denne formel til at estimere 1RM ved de to udgaver af SQ. Der er lavet utallige studier som

understøtter validiteten og pålideligheden af Bryzcki estimerings formel samt de andre formler anvendt i dette projekt (LeSuer et al., 1997; Mayhew et al., 1992; Neto et al., 2017; Mayhew et al., 2008). Men der er i dette projekt valgt at kigge bredt og søge hvilken estimeringsformel der ud fra resultaterne heri kan anbefales at benytte til at estimere 1RM ved frivægts-øvelser. Ved *BP* er formlerne 1, 4, 8 og 14 meget tæt på at opfylde vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. De afviger alle sammen ved y-aksens interval, hvorimod deres μ -værdier meget tæt på 0, derfor kan det argumenteres for, at disse formler også kan anvendes til at estimere 1RM. Ved *SQ* er formlerne 3, 6 og 15 meget tæt på at opfylde vurderingskriterierne som er opsat i dette projekt. De afviger alle sammen y-aksens interval, hvorimod deres μ -værdier er meget tæt på 0. Hvis der kigges på hvilken af de 15 estimeringsformler som er den mest nøjagtige i hhv. *BP* og *SQ* er det i bænkpres formel 10, som er udarbejdet af Mayhew et al. (1992) og ved back squat er det formel 9, som er udarbejdet af Lombardi (1989).

En af grundene for, at nogle formler overestimerer 1RM i dette projekts resultater, kan skyldes at forsøgspersonerne ikke gav sig fuldt ud eller var udmattet ved DM. Det kan også skyldes, at formlerne som Mayhew et al. (1992) konkluderede bedst estimerer 1RM nøjagtigt ved færre end 10 gentagelser, hvor en af dette projekts forsøgspersoner kom helt op på 30 gentagelser. Hvis der fokuseres på formel 12, som er udarbejdet af Reynolds et al. (2006), kan det ses at Eulers tal $e = 2,718$ anvendes i nævneren, hvilket tyder på at det er baseret ud fra en eksponentiel funktion ($y = b \cdot e^{k \cdot x}$), hvor der er en konstant adderes i eksponenten, hvorimod der i tælleren kun står RepWt. Dvs. at hvis der nu løftes 20 kg og udførte 15 gentagelser, så vil 1RM være $\frac{20}{0,5551 \cdot e^{-0,0723 \cdot 15 + 0,4847}} \approx 65,637$ kg, hvor den aktuelle 1RM i dette eksempel ville være $\frac{20}{80} = 0,25 \cdot 100 = 25$ kg, hvilket giver en afvigelse på 40 kg. Grunden til at der fokuseres på formel 12, er udelukkende på baggrund af at den har haft de største afvigelser i 1RM estimeringen. Hvilket ses ud fra det lille

eksempel herover. Hvis vedkommende f.eks. have løftet 20 kg og udførte 5 gentagelser ville formelen i stedet give $\frac{20}{0,5551 \cdot e^{-0,0723 \cdot 5 + 0,4847}} \approx 31,853 \text{ kg}$, hvilket kun er en afvigelse på ca. 7 kg. Det kan altså antages at denne formel kræver, at der løftes forholdsvis tungt og at den kræver, at der højst udføres 10 gentagelser, for at den ikke overestimerer unødvendigt meget. Der burde altså udarbejdes nogle guidelines til hhv. sundhedsfagligt personale eller motionister, så de ikke kommer til at basere deres estimerede 1RM for høj og derved træne ud fra nogle forkerte kriterier. Dette vil kunne forårsage skader fremfor det egentlig mål som f.eks. kunne være genoptræning.

Hvis der kigges rent matematisk på hastighedsdatasættet, så kunne man fristes til at anvende de mest almindelige regressionstyper på dette. De regressionstyper der blev anvendt til at vurdere vægt/hastigheds datasættet var Lineær, Logaritmisk, Polynomiel med grad 2, Potens, Eksponentiel/Vækst, Sinus og Logistisk. Hvis disse regressionstyper blev anvendt på datasættet, ville der være fem regressionsmodeller ud af syv i spil, hvor få af modellerne anses som en dårlig model ift. regressionsdiagrammet/residualplottet, men ift. R^2 , som skal være så tæt på 1 som overhovedet muligt, for at modellen anses til at være god. Men det giver ikke mening at gøre det på denne måde, fordi man f.eks. ved sinusregression og polynomiel regression, altid vil kunne tilføjes endnu en kurve/bue også bliver modellen mere præcis og derved fremkommer R^2 -værdien som er tættere på 1 og residualerne antyder, at modellen godt kan anvendes til at beskrive den pågældende model. Men dette giver kun et teoretisk resultat, som ikke kan overføres til den virkelige bevægelse. For kurven vil blive alt for bølget, og derved ikke være anvendelig til at bestemme 1RM ud fra vægt-/hastighedsforholdet. Så i stedet blev der anvendt lineær regression og/eller polynomiel regression til at danne et overblik over vægt-/hastighedskurverne og derved estimere 1RM. Hvilket følger Picerno et al. (2016) fremgangsmåde.

I dette projekt blev der anvendt log transformering på datasættet for at kunne afgøre om datasættet var normal fordelt, men Feng et al. (2014) anbefaler ikke at der anvendes log transformere nu til dags, da de mener at det er en gammeldags metode og de anbefaler i stedet at anvende en mere moderne metode såsom generalized estimating equations (GEE). Da Hughes et al. (2019) anbefaler at der undersøges mange flere forsøgspersoner for at kunne afgøre trends i et B&A plot, og da et af kravene for at kunne anvende B&A plot til at vurdere overensstemmelsen, er at data forskellen mellem de to metoder er normal fordelt. Og da data stammer fra en gruppe mennesker, vil antallet af observationer have stor påvirkning på om datasættet er normal fordelt ifølge grænseværdisætningen (Poulsen, 2015). Derfor vil det ikke have været hensigtsmæssigt at anvende GEE i dette projekt, men derimod forsøge at rekruttere flere forsøgspersoner eller muligvis tilføje et datasæt som kunne bearbejdes med samme metodik som i dette projekt. Det drejede sig om under 50% af differensdatasættet, som havde en lav p -værdi og derved blev log transformeret for at vurdere om det fulgte en normalfordeling.

Alt i alt ville det være hensigtsmæssigt at have flere målinger, da det ville give et mere præcist billede (Poulsen, 2015). Især mht. normalfordelingen og det at afgøre om der er OL til stede og om punkterne følger en bestemt tendens eller om de i stedet for fordeler sig mere usystematisk.

KONKLUSION

Det er hensigtsmæssigt at indsætte problemformuleringen for at besvare den.

Hvorledes kan 1RM estimeres nøjagtigt, ud fra to indirekte metoder, ved styrketræningsøvelserne bænkpres og back squat udført med frie vægte? Hvor de to indirekte metoder er hhv. vægt-/løftehastighedsforholdet og 15 XRM-formler hvor estimatet sammenlignes med 1RM estimatet fundet ved den direkte metode.

Det er ikke muligt at estimere 1RM præcist nok ved udelukkende at have vægt/løftehastighedsforholdet i squat eller bænkpres. I squat var der i alt 24 deltagere i det videnskabelig forsøg. De data som blev fundet ved vægt-/hastighedsforholdet gav at der ved 18 forsøgspersoner blev 1RM overestimeret og ved 6 forsøgspersoner blev 1RM underestimeret. Ved 7 af tilfældene var forskellen mellem DM og LVM i intervallet $[-6;6]$, hvilket i dette projekt anses for rimeligt. Dvs. at ved $\frac{7}{24} \approx 0,29167$, hvilket er 30% af tilfældene kan vægt-/hastighedskurven anvendes til at estimere 1RM nøjagtigt i squat med frie vægte. I bænkpres var der i alt 25 deltagere i det videnskabelige forsøg. De data som blev fundet ved vægt-/hastighedsforholdet gav at der ved 21 forsøgspersoner blev 1RM overestimeret og ved 4 forsøgspersoner blev 1RM underestimeret. Ved 4 af tilfældene var forskellen mellem DM og LVM i intervallet $[-3;3]$, hvilket i dette projekt anses for rimeligt. Dvs. at der ved $\frac{4}{25} = 0,16$, hvilket giver 16% af tilfældene kan vægt-/hastighedskurven anvendes til at estimere 1RM nøjagtigt i bænkpres med frie vægte.

Så der mangler yderligere data for at kunne estimere 1RM nøjagtigt nok i de to frivægt styrketræningsøvelser for at denne metode kan anvendes. Derfor anbefales der ud fra denne rapport at forske yderligere i dette forhold mellem 1RM og vægt-/hastighedsforholdet i begge frivægtstyrketræningsøvelser. Ud fra B&A analysen kunne det konkluderes at LVM i hhv. BP & SQ havde en lav overensstemmelse. Det er altså nødvendigt med flere

informationer for at kunne estimere 1RM nøjagtigt ved bænkpres og back squat udført med frie vægte. Som diskuteret kunne det være hensigtsmæssigt at finde 1RM ved to hastighedsværdier på vægt-/hastighedskurverne for hhv. BP og SQ. Ifølge Milone & Erdos (2017) er disse hastighedsværdier hhv. BP 0,12m/s & SQ 0,25m/s, hvilket med fordel kunne anvendes på datasættet i dette projekt, for at finde nye 1RM ud fra vægt-/hastighedskurverne.

Kan disse to estimeringsmetoder sammenlignes med tidligere indirekte estimeringsmetoder, hvor der kun blev målt på koncentrisk muskelarbejde udført i et Smith stativ?

Ved de 15 1RM estimeringsformler der tidligere er benyttet til at estimere 1RM ud fra XRM, kan flere af formlerne benyttes til at estimere 1RM meget nøjagtigt. Der forekommer stadig afvigelser, men disse afvigelser er forholdsvis små. Formlerne er opdelt i hhv. bænkpres og squat herunder, hvorefter der er udvalgt de formler som har estimeret 1RM mest nøjagtigt ved begge styrketræningsøvelser udført med frie vægte.

Ved BP drejede det sig om formlerne: 3, 5, 6, 9, 10, 11, 13 og 15.

Ved SQ drejede det sig om formlerne: 1, 5, 7, 9, 10, 11 og 13

På baggrund af resultaterne anbefales det at man anvender formel 10, som er udarbejdet af Mayhew et al. (1992), til at estimere 1RM ved bænkpres udført med frivægte, da den i gennemsnit har en overestimering på 0,7kg og en bias på 6kg. Hvorimod der ud fra resultaterne anbefales at anvende formel 9, som er udarbejdet af Lombardi (1989), til at estimere 1RM ved back squat udført med frivægte, da den i gennemsnit har en overestimering på 1,5kg og en bias på 8kg. Ved begge øvelserne, er det motionister som har et års erfaring inden for frivægtsstyrketræning der har deltaget i det videnskabelig forsøg. Hvor definitionen af et års erfaring følger Sayers et al. (2018) anbefalinger. Det er altså denne målgruppe, som disse resultater

henvender sig til, hvor de vejledes af uddannet instruktører for at undgå skader.

Derudover kan det ikke anbefales at benytte formel 12, som er udarbejdet af Reynolds et al. (2006), da den estimerede 1RM meget upræcist. De bliver i begge styrketræningsøvelser underestimeret i gennemsnit, hvor deres bias er mindst 40 kg, hvilket kan have at gøre med at formlen passer bedre til en anden målgruppe end den målgruppe som er anvendt i dette forsøg.

Det vil sige, at det er muligt at anvende 1RM estimeringsformlerne med en vis nøjagtighed i disse to frivægtsstyrketræningsøvelser udført af motionister, til at estimere 1RM nøjagtigt. Så denne estimeringsmetode giver et mere realistisk billede af virkeligheden for motionister som ønsker at estimere 1RM ved frivægtsstyrketræning end ved øvelser udført i Smith stativ.

REFERENCER

Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *Journal of Applied Physiology* 2002;92:2309-2318

Abad CC, Prado ML, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Barroso R. Combination of general and specific warm-ups improves leg-press one repetition maximum compared with specific warm-up in trained individuals. *J Strength Cond Res* 2011;25:2242-5

Abadie BR, Wentworth MC. Prediction of one repetition maximal strength from a 5-10 repetition submaximal strength test in college-aged females. *JEPonline* 2000;4:1-6

Adams GM. *Exercise Physiology Laboratory Manual* (3rd ed.). Boston: McGraw-Hill 1998

Andersson D; Gymnastik- och idrottshögskolan, GIH, Institutionen för idrotts- och hälsovetenskap 2008

Baechle TR & Earle RW. *Essentials Strength Training and Conditioning*, NSCA, 4rd Edition 2006:453

Banyard HG, Nosaka K, Haff GG. Reliability and Validity of the Load-Velocity Relationship to Predict the 1RM Back Squat. *J Strength Cond Res*. 2017;31:1897-1904

Berger RA. Relationship between dynamic strength and dynamic endurance. *Res Q* 1970;41:115-116

Bland JM, Altman DG. Statistical Methods for Assessing agreement between two methods of clinical measurement. The Lancet 1986; i: 307-310

Bosco C, Belli A, Astrua M, Tihanyi J, Pozzo R, Kellis S, Tsarpela O, Foti C, Manno R, Tranquilli C. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. Eur J Appl Physiol 1995;70:379-386

Bosquet L, Porta-Benache J, Blais J. Validity of a commercial linear encoder to estimate bench press 1 RM from the force-velocity relationship. J Sports Sci Med 2010;9:459-463

Brown, HL. Lifetime Fitness (3rd ed.). Scottsdale, AZ: Gorsceach Scarisbrick, 1992

Brown LE, Weir JP. ASEP Procedures Recommendation I: Accurate Assessment of Muscular Strength and Power. JEP 2001;4:1-21

Brzycki M. Strength testing-Predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. Journal of Physical Education, Recreation & Dance. 1993;64:88-90

Chandler J, Duncan R, Studenski S. Choosing the best strength measure in frail older persons: importance of task specificity. Muscle and Nerve 1997;5:47-51

Chilibeck PD, Calder AW, Sale DG, Webber CE. A comparison of strength and muscle mass increases during resistance training in young women. European journal of applied physiology and occupational physiology 1998;77:170-175

Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2010;42:1566-1581

Cummings B & Finn KJ. Estimation of a one repetition maximum bench press for untrained women. *J Strength Cond Res* 1998;12:262-265

Dohoney P, Chromiak JA, Lemire D, Abadie BR, Kovacs C. Prediction of one repetition maximum (1-RM) strength from a 4-6 RM and a 7-10 RM sub-maximal strength test in healthy young adult males. *JEPonline* 2002;5:54-59

do Nascimento MA, Cyrino ES, Nakamura FY, Romanzini M, Pianca HJC, Queiróga MR. Validation of the Brzycki equation for the estimation of 1-RM in the bench press. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2007;13:47-50

Epley B. Poundage Chart. *Boyd Epley Workout*; Lincoln, NE: Body Enterprises 1985

Feng C, Wang H, Lu N, Chen T, He H, Lu Y, Tu XM. Log-transformation and its implications for data analysis. *Shanghai Arch Psychiatry* 2014;26:105-109. Correction: National Library of Medicine (record owner) Log-transformation and its implications for data analysis. *General psychiatry* 2019;32:p.e100146corr1

Fleck SJ. Cardiovascular adaptations to resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20:146-151

Fleck SJ & Kraemer WJ. Designing Resistance Training Programs. Human Kinetics 3rd ed. Champaign, IL. 2004

Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. Sports Med 2007;37:145-68

Fox SM, Naughton JP. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. Preventive Medicine 1972;1:92-120

Giavarina D. Understanding Bland Altman analysis. Biochemia Medica 2015;25:141-51

González-Badillo, JJ & Sánchez-Medina, L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. Int J Sports Med. 2010; 31:347-352

Häkkinen K, Pakarinen A, Alén M, Kauhanen H, Komi PV. Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1988a;57:133-139

Häkkinen K, Pakarinen A, Alén M, Kauhanen H, Komi PV. Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. J Appl Physiol 1988b;65:2406-12

Hansen H. RM-testmanual 2012

Hoeger, WWK, Hopkins DR, Barette SL, Hale, DF. Relationship between Repetitions and Selected percentages of One Repetition Maximum: A

Comparison between Untrained and Trained Males and Females. Journal of Strength and Conditioning Research 1990;4:47-54

Horvat M, Ramsey V, Franklin C, Gavin C, PalumboT, Glass LA. A method for predicting maximal strength in collegiate women athletes. Journal of Strength and Conditioning Research 2003;17:324-328

Hughes LJ, Banyard HG, Dempsey AR, Scott BR. Using Load-Velocity Relationships to Predict 1rm in Free-Weight Exercise: A Comparison of the Different Methods. J Strength Cond Res. 2018;33:2409-2419.

Jane GK. Iso-inertial measurement of muscular strength: an assessment alternative. Presentation 13th International Symposium on Biomechanics in Sports. Conference Proceedings Archive 1995

Jidovtseff B, Croisier J, Scimar N, Demoulin C, Maquet D, Crielaard J. The Ability of Isoinertial Assessment to Monitor Specific Training Effects. J Sports Med Phys Fitness 2008;48:55-64

Jidovtseff B, Harris N, Crielaard J-M, Cronin J. Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. J Strength Cond Res 2011;25:267-70

Kemmler W, Lauber D, Wassermann A, Mayhew JL. Predicting maximal strength in postmenopausal women. J Strength Cond Res 2006;20:838-842

Kim PS, Mayhew JL, Peterson DF. A modified YMCA bench press test as a predictor of 1 repetition maximum bench press strength. J Strength Cond Res 2002;16:440-445

Kipp K, Redden J, Sabick M, Chad H. Weightlifting Performance Is Related to Kinematic and Kinetic Patterns of the Hip and Knee Joints. *J Strength Cond Res* 2012;26:1838-44.

Kraemer WJ, Duncan ND, Volek JS. Resistance training and elite athletes: adaptations and program considerations. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 1998;28:110-119

Kraemer WJ, Noble BJ, Clark MJ, Culver BW. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *International journal of sports medicine* 1987;8:247-252

Kraemer WJ & Ratamess NA. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports medicine* 2005;35:339-361

Kravitz L, Akalan C, Nowicki K, Kinzey SJ. Prediction of 1 repetition maximum in high-school power lifters. *J Strength Cond Res* 2003;17:167-172

Lander J. Maximums based on reps. *National Strength and Conditioning Association Journal* 1985;6:60-61

LeSuer D, McCormick J, Mayhew J, Wasserstein R, Arnold M. The Accuracy of Prediction Equations for Estimating 1-RM Performance in the Bench Press, Squat, and Deadlift. *J Strength Cond* 1997;11:211-213

Lombardi VP. Beginning weight training. Dubuque, IA: W.C. Brown 1989

Lund R, Dolny D, Browder K. Strength-power relationships during two lower extremity movements in female division I rowers. *J Exerc Physiol* 2006;9:41-52

Mayhew JL, Ball TE, Arnold MD, Bowen JC. Relative Muscular Endurance Performance as a Predictor of Bench Press Strength in College Men and Women. *J Appl Sports Sci Rec* 1992;6:200-206

Mayhew JL, Johnson BD, Lamonte MJ, Lauber D, Kemmler W. Accuracy of prediction equations for determining one repetition maximum bench press in women before and after resistance training. *J Strength Cond Res* 2008;22:1570-7

Mayhew JL, Prinster JL, Ware JS, Zimmer DL, Arabas JR, Bemben MG. Muscular endurance repetitions to predict bench press strength in men of different training levels. *J Sports Med Phys Fitness* 1995;35:108-13

Mayhew JL, Ware JS, Cannon K, Corbett S, Chapman PP, Bemben MG, Ward TE, Farris B, Juraszek J, Slovak JP. Validation of the NFL-225 test for predicting 1-RM bench press performance in college football players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2002;42:304-8

McCurdy KW, Langford GA, Doscher MW, Wiley LP, Mallard KG. The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *Journal of strength and conditioning research* 2005;19:9-15

McMaster D, Gill N, Cronin J, McGuigan M. A Brief Review of Strength and Ballistic Assessment Methodologies in Sport. *Sports Medicine* 2014;44:603-623

Meylan C, Cronin J, Oliver J, Hughes M, Jidovtseff B, Pinder S. The reliability of isoinertial force–velocity–power profiling and maximal strength assessment in youth. *Sports biomechanics* 2015;14:1-13

Milone, Schuyler and Joseph J Erdos. A Novel Approach to Predicting 3RM Using Velocity-Based Measurement. Poster Sacred Heart University Academic Festival 2017

Neto FR, Guanais P, Dornelas E, Coutinho ACB, Costa RRG. Validity of one-repetition maximum predictive equations in men with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 2017;55:950-956

Niewiadomski W, Laskowska D, Gąsiorowska A, Cybulski G, Strasz A, Langfort J. Determination and Prediction of One Repetition Maximum (1RM): Safety Considerations. *J HUM KINET* 2008;19:109-120

O'Connor B, Simmons J, O'Shea P. *Weight Training Today*. St. Paul, MN:West Publishing, 1989:201-204

Olofsson P, Andersson M. *Probability, Statistics and Stochastic Processes*. Second Edition 2012. A John Wiley & Sons, Inc., Publications

Orange ST, Metcalfe JW, Liefelth A, Marshall P, Madden LA, Fewster CR, Vince RV. Validity and Reliability of a Wearable Inertial Sensor to Measure Velocity and Power in the Back Squat and Bench Press. *J Strength Cond Res* 2019;33:2398-2408

Picerno P, Iannetta D, Comotto S, Donati M, Pecoraro F, Zok M, Tollis G, Figura M, Varalda C, Di Muzio D, Patrizio F, Piacentini MF. 1RM prediction:

a novel methodology based on the force–velocity and load–velocity relationships. *Eur J Appl Physiol* 2016;116:2035-2043

Rahmani A, Viale F, Dalleau G. Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *European Journal of Applied Physiology* 2001;84:227-233

Poulsen ET, Funktioner af en eller flere variable: Indledning til matematisk analyse. 1. udgave, 3. oplag, 2015. Institut for Matematik, Aarhus Universitet

Ratamess NA, Alvar BA, Evetoch TK, Housh TJ, Kibler WB, Kraemer WJ, Triplett NT. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2009;41:687-708

Ratamess NA, Falvo MJ, Mangine GT, Hoffman JR, Faigenbaum AD, Kang J. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *European Journal of Applied Physiology* 2007;100:1-17

Reynolds JM, Gordon TJ, Robergs RA. Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *J Strength Cond Res.* 2006;20:584-92

Rontu JP, Hannula MI, Leskinen S, Linnamo V, Salmi JA. One-repetition maximum bench press performance estimated with a new accelerometer method. *J Strength Cond Res* 2010;24:2018-25

Ruf L, Chéry C, Taylor KL. Validity and Reliability of the Load-Velocity Relationship to Predict the One-Repetition Maximum in Deadlift. *J Strength Cond Res.* 2018;32:681-689

Sale DG. Neural Adaptation to Strength Training. In Komi PV(Ed.) Strength and Power in Sport. 2nd ed. 2008:281-314.Blackwell Science Ltd. Great Britain

Sayers MGL, Schlaeppli M, Hitz M, Lorenzetti S. The impact of test loads on the accuracy of 1RM prediction using the load-velocity relationship. BMC Sports Sci Med Rehabil 2018;10:1-9

Shapiro SS, Wilk MB. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). Biometrika 1965;52:591-611

Spitz RW, Gonzalez AM, Ghigiarelli JJ, Sell KM, Maigne GT. Load-Velocity Relationships of the Back vs. Front Squat Exercises in Resistance-Trained Men. J Strength Cond Res 2019;33:301-306

Stone MH, Plisk SS, Stone ME, Schilling BK, O'Bryant HS, Pierce KC. Athletic Performance Development: volume Load - 1 Set vs. Multiple Sets, Training Velocity and Training Variation. National Strength & Conditioning Association 1998;20:22-31

Stoppani J. Bench press 5 points of contact. 2019 Retrieved from URL <https://www.jimstoppani.com/training/bench-press-5-points-of-contact>, 4/9 2019

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol 2001;37:153-6

Tesch PA, Komi PV, Häkkinen K. Enzymatic adaptations consequent to long-term strength training. *International journal of sports medicine* 1987;8:66-69

Thompson, WR. On a Criterion for the Rejection of Observations and the Distribution of the Ratio of Deviation to Sample Standard Deviation. *The Annals of Mathematical Statistics* 1935;6:214-219

Tucker JE, Pujol TJ, Fisher CL, Nahikian-Nelms ML, Barnes JT, Langenfeld, ME. One-repetition maximum prediction equation for traditional college-age novice females. *Med Sci Sport Exerc* 2006;38:293

Ware JS, Clemens CT, Mayhew JL, Johnston T. Muscular Endurance Repetitions to Predict Bench Press and Squat Strength in College Football Players. *J Strength Cond Res* 1995;9:99-103

Wathen D. Load assignment. In Beachle TR, editor. *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign, IL: Human Kinetics 1994;435-9

Welday J. Should you check for strength with periodic max lifts? *Scholastic Coach* 1988;57:49-68

Whisenant MJ, Panton LB, East WB, Broeder CE. Validation of submaximal prediction equations for the 1 repetition maximum bench press test on a group of collegiate football players. *J Strength Cond Res* 2003;17:221-227

BILAG

SOME OPSLAGET

Dette var SoMe opslaget som blev lagt ud på hhv. Facebook og Instagram for at hverve forsøgspersoner. Derudover blev de forsøgspersoner som reagerede på opslaget kontaktet enten pr. mail eller telefon, hvor der blev aftalt dato og tidspunkt for testen. Når aftalen var på plads, blev der udleveret forsøgsinformation og samtykkeerklæring i PDF-format inden påbegyndelsen af testen, så disse to dokumenter var læst, forstået og underskrevet inden selve forsøget blev påbegyndt. Samtykkeerklæringen og forsøgsinformationerne forefindes i bilagene.

★ Søger forsøgspersoner til mit speciale ★

Jeg er i gang med mit afsluttende speciale på idræt og søger i den forbindelse unge friske personer i alderen 18-40 år.

🏋️‍♂️🏋️‍♀️ Du skal være vant til at styrketræne, hvilket vil sige at du skal have styrketrænet regelmæssigt i løbet af det sidste år - 2 gange ugentligt. Du behøver ikke være stærk, men du skal kende til øvelserne squat og bænkpres. 🏋️‍♂️🏋️‍♀️

Forsøget tager ca. én time og der vil selvfølgelig blive serveret lidt lækkert til ganen 🍰🍰

Det hele foregår på Aalborg Universitet Niels Jernes Vej 12, 3. 117A/B, 9220 Aalborg Øst

Hvis du kunne have interesse i at deltage, må du meget gerne kontakte mig på mail: aukj11@student.aau.dk eller 19gr10612@hst.aau.dk

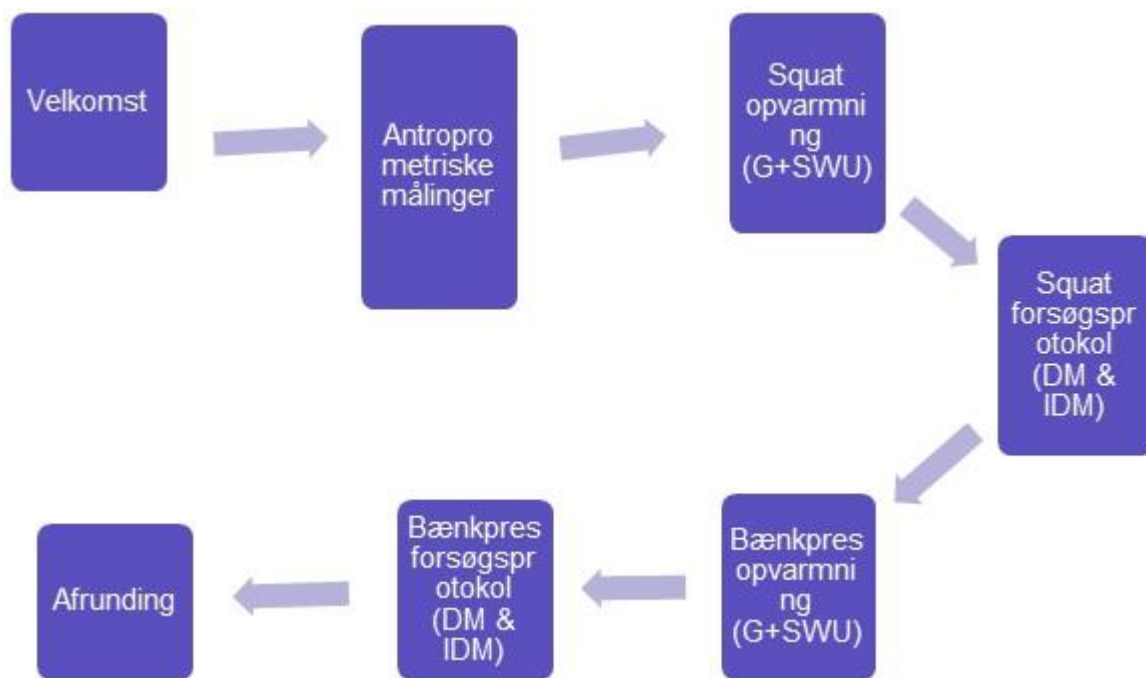
🤓 For dig der vil vide lidt mere om mit projekt: 🤓

Mit projekt har til formål at undersøge hvorledes 1RM kan estimeres præcist i to styrketræningsøvelser (Squat & Bænkpres) ved brug af vægt-/hastighedsforholdet. Baggrunden for at udarbejde dette projekt er for at efterprøve et tidligere projekts metodik på to styrkeøvelser med frivægte. Det er essentielt at kende 1RM for faguddannede så vedkommende kan lave et korrekt tilpasset personligt træningsprogram.

Inden deltagelse vil du få udleveret en samtykkeerklæring som skal udfyldes inden start.

24 timer inden test må du ikke have indtaget alkohol, euforiserende stoffer, præstationsfremmende midler, koffeinholdige produkter og du må ikke have dyrket hård fysisk aktivitet.

Figur 35 - Et kort resumé af forsøgsinformationerne.



Figur 36 - En grafisk oversigt over selve forsøget.

SAMTYKKEERKLÆRING

Aalborg Universitets standardiserede samtykkeerklæring er indsat og ændret ift. dette projekt.

Samtykkeerklæring

I overensstemmelse med databeskyttelsesforordningens krav til gyldigt samtykke

Aalborg Universitet
Cvr. nr. 29102384
Frederik Bajers Vej 5
DK-9100 Aalborg

Samtykkeerklæring

Aalborg Universitet (AAU) skal bruge dit samtykke til at behandle personoplysninger om dig i forbindelse med din deltagelse ved det videnskabelige projekt omhandlende estimering af 1RM ud fra vægt-/hastighedsforholdet i to styrketræningsøvelser med frie vægte.

Det er frivilligt, om du ønsker at give dit samtykke til, at AAU behandler dine personoplysninger, men mangel på samtykke kan betyde, at AAU ikke kan lade dig deltage i det videnskabelige forsøg.

Du kan til enhver tid ændre eller trække dit samtykke tilbage. Afhængig af hvilken brug af oplysningerne, du ønsker at trække tilbage, kan dette medføre, at AAU ikke kan opfylde de aftaler, der er indgået med dig. Du vil blive oplyst om dette i de tilfælde, hvor du anmoder om at ændre eller trække dit samtykke tilbage. Samtykket kan ikke tilbagekaldes med tilbagevirkende kraft.

Ønsker du at ændre eller trække dit samtykke tilbage kontakt: Andreas Uni Kjeldgaard-Man på 60 24 60 12 eller aukj11@student.aau.dk

AAU skal behandle dine personoplysninger til: 10. semesters kandidatprojekt på Idrætsuddannelsen.	
AAU indsamler og behandler følgende personoplysninger:	Kontaktoplysninger, antropometriske data, data som dannes i forbindelse med det videnskabelige forsøg.
<i>Udfyldes af den registrerede:</i>	
Jeg giver samtykke til, at AAU må behandle mine oplysninger til brug for ovenstående formål	
Sæt kryds ☐	
Dato/navn:	

AAU forventer, at behandlingen af dine personoplysninger vil ophøre 1 februar 2020.

AAU vil overlade behandlingen af dine personoplysninger til andre i følgende tilfælde:

Skal kun udfyldes, hvis andre eksterne parter skal behandle personoplysninger – ellers skal skema og tekst slettes, inden samtykket gives til den registrerede.

Der er ingen eksterne partnere ved deltagelse af dette videnskabelige forsøg ved Idrætsuddannelsen på AAU.
--

Ønsker du at klage over AAU's behandling af dine personoplysninger, kan du kontakte Datatilsynet, Borgergade 28, 5, 1300 København K, der er den danske tilsynsmyndighed på det databeskyttelsesretlige område.

FORSØGSINFORMATION

Den information som blev sendt ud til samtlige forsøgspersoner, i PDF-format, omkring forsøget og hvad det vil indebære at være forsøgsperson i dette projekt.

Nærværende dokument har til formål at overlevere deltagerinformationer, som garanterer, at du som potentiel forsøgsdeltager har velbegrundede overvejelser, omhandlende hvorvidt du ønsker at deltage i forsøget. Inden beslutningen om deltagelse træffes, er det vigtigt, at du er indforstået med forsøgsinformationen og du bedes derfor nærlæse dette dokument. Informationerne i dette dokument vil desuden blive gentaget mundtligt inden testen, hvor du også vil få mulighed for at stille uddybende spørgsmål. Du er også velkommen til at tage kontakt før testene via kontaktinformationerne nederst i dette dokument. For at du kan deltage i forsøget, skal en samtykkeerklæring for deltagelse underskrives. Der er dog mulighed for, til enhver tid og uden begrundelse, at tilbagetrække dit samtykke så fremdeles, at du ikke ønsker at deltage eller fortsætte i projektet.

Forsøgsansvarlige

Den forsøgsansvarlige består af én studerende i projektgruppe 19gr10612 fra Idræt ved Aalborg Universitet, 4. semester kandidat. Projektgruppen vejledes af Mathias Vedsø Kristiansen, Ph.D., ved Department of Health Science and Technology, Aalborg Universitet.

Forsøgets baggrund og formål

Nærværende projekt har til formål at undersøge hvorledes 1RM kan estimeres præcist i to styrketræningsøvelser ved brug af vægt-/hastighedsforholdet. Baggrunden for at udarbejde dette projekt er for at efterprøve et tidligere projekts metodik på den virkelige verden. Altså udføres de to styrkeøvelser med frivægte og ikke i et Smith stativ. Det er essentielt at kende 1RM for faguddannede så vedkommende kan lave et korrekt tilpasset personligt træningsprogram.

Tidshorisont

Forsøget kommer til at foregå på én session af minimum 1 times varighed. Målingerne foretages på Aalborg Universitet - Niels Jernes Vej 14, 3. 117A/B, 9220 Aalborg Øst. Inden deltagelse vil du få udleveret en samtykkeerklæring som skal være forskeren i hænde senest 24 timer efter modtagelse af denne.

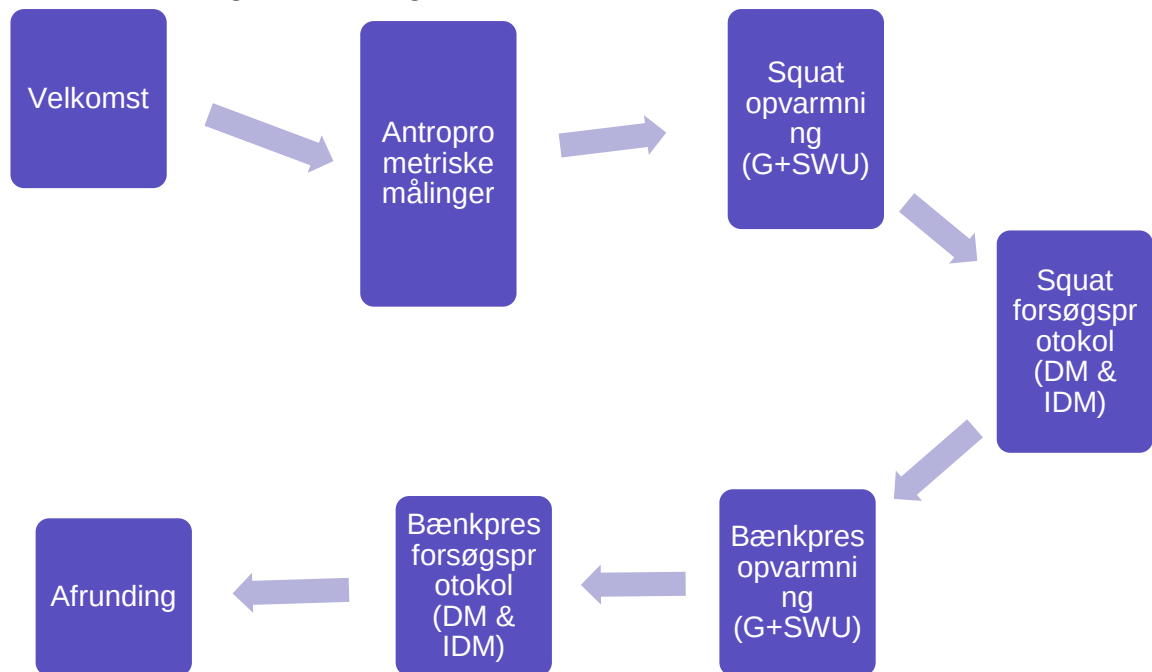
Fremgangsmåde

Forsøget udarbejdes på Aalborg Universitet i idrætsslab på Niels Jernes Vej 14, 3.117A/B, 9220 Aalborg Øst. Projektgruppen ønsker raske personer med erfaring inden for styrketræning, som er i alderen 18-50 år til deltagelse i projektet. 24 timer inden testen skal udføres må du ikke have indtaget alkohol, euforiserende stoffer, præstationsfremmende midler, koffeinholdige produkter og du må ikke have dyrket hård fysisk aktivitet. Hver forsøgsdeltager skal igennem følgende tests, som alle udføres den samme dag:

1. Som forsøgsdeltager skal du deltage i lørdag d. 9/11 i tidsrummet 9-19, onsdag eller torsdag uge 47 i tidsrummet 8-22. Der foretages antropometriske målinger i form af højde, vægt og alder/fødselsdato, som noteres i et Excel dokument som kun forskeren har adgang til.
2. Herefter vil du blive sat til at varme op til Squat i form af en generel opvarmning efterfulgt af en specifik opvarmning.
3. Når opvarmningen er gennemført, vil du blive sat i gang med Test 1.
4. Test 1 - Her vil projektgruppen undersøge din nuværende 1RM vha. den direkte metode i Squat styrketræningsøvelsen, som der skal sammenlignes med estimeringen af 1RM fundet vha. den indirekte metode.
5. Efter Test 1 er gennemført. Vil du blive sat til at udføre en indirekte metode, XRM, hvor du skal løfte 80% af din netop fundne 1RM indtil udmattelse.
6. Når dette er udført, vil du blive sat i gang med den generelle opvarmning til bænkpres.

7. Efter denne opvarmning er gennemført vil du blive sat i gang med den specifikke opvarmning til bænkpres.
8. Nu påbegyndes Test 2. Når dette er gennemført vil du blive sat i gang med at finde din 1RM vha. den direkte metode i bænkpres øvelsen.
9. Når din 1RM er fundet vha. den direkte metode går du i gang med den indirekte metode, XRM, hvor du løfter 80% af din netop fundne 1RM indtil udmattelse.
10. Efter Test 2 er færdiggjort, så er hele Testen færdig.

Herunder ses en grafisk oversigt af Test forløbet.



Figur 37: Her ses et grafisk overblik over testen og i hvilken rækkefølge de forskellige protokoller vil blive udført. (G) står for generel opvarmning, (SWU) står for specifik opvarmning, (DM) står for den direkte metode og (IDM) står for den indirekte metode, som benyttes til at estimere 1RM.

Potentielle risici forbundet med projektet

Risikoen for at blive skadet i forbindelse med deltagelsen i dette projekt er meget lav, men den kan forekomme. Projektgruppen lægger desuden stor vægt på, at forsøgsdeltagernes sikkerhed, rettigheder og generelle velbefindende går forud for forsøgets videnskabelige og samfundsmæssige interesse i at tilvejebringe ny viden.

Potentielle fordele forbundet med projektet

Ved deltagelse i nærværende projekt får du kendskab til din 1RM ved to styrketræningsøvelser. Derudover vil du have en personlig træner som giver dig en introduktion til forskellige øvelser og løfteteknikker. Personlig træning har en høj økonomisk værdi og er selvfølgelig gratis for forsøgsdeltagere. Foruden dette bidrager samtlige forsøgsdeltagere til at opdrive viden, der kan være af videnskabelig og samfundsmæssig interesse.

Rettigheder som forsøgsdeltager

Du har på ethvert tidspunkt og helt uden begrundelse ret til at trække dig fra projektet og dermed afbryde deltagelsen. Desuden har du også ret til at rette henvendelse til projektgruppen eller projektets vejleder. Som forsøgsdeltager får du også adgang til resultaterne og data fra projektet. Foruden dette gøres du opmærksom på, at deltagelsen i forsøget foregår på eget ansvar, samt at du ikke kan stille Aalborg Universitet eller den forsøgsansvarlige til ansvar for eventuelle gener, der måtte opstå i forbindelse med deltagelsen. Alt data vil blive behandlet anonymt, og navne vil aldrig fremgå i projektet. Der stilles nogle krav til dig som forsøgsdeltager og det er, at du inden for 24 timer før testen ikke må have indtaget alkohol, euforiserende stoffer, præstationsfremmende midler, koffeinholdige produkter og at du ikke må have dyrket hård fysisk aktivitet.

Afbrydelse af forsøget

Vurderes det af projektgruppen, at du som forsøgsdeltager, ikke er egnet til at fortsætte i projektet, kan forsøget på ethvert tidspunkt afbrydes.

Økonomiske forhold

Der vil ikke være nogen compensation for deltagelse i projektet.

Samtykkeerklæring

Ønskes deltagelse i forsøget, bedes du underskrive vedlagte samtykkeerklæring, hvor det meddeles, at du er indforstået med nærværende informationer. Du har mindst 24 timers betænkningstid, fra du modtager samtykkeerklæringen til den skal være underskrevet.

Kontakt information

Projektgruppen kan kontaktes på mail aukj11@student.aau.dk eller på telefonnummer +45 60 24 60 12. Projektets vejleder, Mathias Vedsø Kristiansen, kan kontaktes på mail-adressen mvk@hst.aau.dk

ARTIKELSØGNINGSKRITERIERNE

Herunder ses søgekriterierne som blev brugt ved artikelsøgning og udvælgelse af relevante artikler til at udarbejde denne rapport.

Der blev udvalgt 10 artikler ud af 160 ved en PubMed søgning hvor der blev brugt følgende termer; ((((((leg-press) OR squat) OR bench press) OR free-weight)) AND (((training load) OR "Resistance Training"[Mesh]) OR "Muscle Contraction"[Mesh]) OR "Muscle Strength"[Mesh])) AND (((submaximal strength) OR maximal strength) OR direct muscle test) OR indirect muscle test) OR one repetition maximum)) AND (((((Force-velocity relationship) OR Strength Prediction) OR Prediction equations) OR "GRADE Approach"[Mesh]) OR "Reproducibility of Results"[Mesh]) OR load-velocity) . Derudover blev der søgt artikler ved brug af AAU Primo, hvor de relevante fremkomne artiklers referencer blev søgt individuelt.

BP OUTLIER

Oversigtstabel over OL ved BP-resultaterne

Metode	Kvartilsæt	IQR	Nedre grænse & Øvre grænse	Antal OL
LVM	[−17,5; −9,7; −4,2]	13,25	[−37,325; 15,675]	2
Formel 1	[1,05; 4,5; 7,55]	6,5	[−8,7; 17,3]	1
Formel 2	[7,75; 12,5; 21,3]	13,55	[−12,575; 41,625]	0
Formel 3	[−1; 1,4; 4,5]	5,5	[−9,25; 12,75]	2
Formel 4	[−1,75; 1,8; 5,1]	6,85	[−12,025; 15,375]	2
Formel 5	[−0,25; 2,9; 5]	5,25	[−8,125; 12,875]	0
Formel 6	[−1,3; 1; 3,7]	5	[−8,8; 11,2]	2
Formel 7	[2,05; 6; 9,25]	7,2	[−8,75; 20,05]	1
Formel 8	[−1,2; 1,9; 5,5]	6,7	[−11,25; 15,55]	1
Formel 9	[0,6; 2,2; 3,85]	3,25	[−4,275; 8,725]	2
Formel 10	[−0,85; 0,5; 2,45]	3,3	[−5,8; 7,4]	2
Formel 11	[0,95; 4; 6,65]	5,7	[−7,6; 15,2]	1
Formel 12	[−44,5; −23,5; −14,8]	29,7	[−89; 29,8]	0
Formel 13	[0,65; 3,1; 6,9]	6,25	[−8,725; 16,275]	0
Formel 14	[−2; 0,9; 3,6]	5,6	[−10,4; 12]	2
Formel 15	[−1,3; 1; 3,7]	5	[−8,8; 11,2]	2
I alt				20

Ud fra denne tabel, kan det bedømmes om man er en OL og antallet af OL ved de forskellige B&A plots.

SQ OUTLIER

Oversigtstabel over OL ved SQ-resultaterne

Metode	Kvartilsæt	IQR	Nedre grænse & Øvre grænse	Antal OL
LVM	[−27,6; −12,4; 0,25]	27,8	[−69,25; 41,95]	3
Formel 1	[−1,55; 5,9; 7,3]	8,85	[−14,825; 20,575]	4
Formel 2	[15,9; 20,5; 26,3]	10,4	[0,25; 41,85]	1
Formel 3	[−11,7; 0,45; 4,6]	16,25	[−36,025; 28,975]	2
Formel 4	[−14,2; 1,75; 6,55]	20,7	[−45,2; 37,6]	2
Formel 5	[2,15; 3,6; 5,15]	3	[−2,35; 9,65]	4
Formel 6	[−12,8; −0,55; 3,65]	16,4	[−37,35; 28,25]	2
Formel 7	[2,05; 8,4; 9,45]	7,4	[−9,05; 20,55]	4
Formel 8	[−15,3; 0,8; 5,75]	21	[−31,5; 32,3]	2
Formel 9	[−2,2; 2; 3,5]	5,7	[−10,75; 12,05]	2
Formel 10	[−8,95; −0,4; 2,45]	11,4	[−26,05; 19,55]	2
Formel 11	[−1,55; 5,05; 6,45]	8	[−13,55; 18,45]	3
Formel 12	[−133; −63,7; −33,3]	99,8	[−282,8; 116,4]	1
Formel 13	[3,4; 5,3; 8,3]	4,9	[−3,95; 15,65]	2
Formel 14	[−14,4; −1,5; 3,55]	17,9	[−41,2; 30,4]	0
Formel 15	[−12,8; −0,55; 3,65]	16,4	[−37,35; 28,25]	2
I alt				36

Ud fra denne tabel, kan det bedømmes om man er en OL og antallet af OL ved de forskellige B&A plots.