MIDR504

Masteroppgave

Inter og intrareliabilitet av isometrisk benkpress & isometrisk mid-thigh pull hos styrketrente unge voksne

Joakim Gjengedal Olsbø

Veiledere: Atle Hole Sæterbakken & Vidar Andersen

Mastergrad i idrettsvitenskap

Fakultet for lærerutdanning, kultur og idrett

Institutt for idrett, kosthold og naturfag

15.05.2022

Forord

Mange takk til veiledere Atle Hole Sæterbakken og Vidar Andersen som har bistått med praktisk og teoretisk veiledning til denne masteroppgaven, og til alle deltakere som deltok i studien.

Sammendrag

Formålet med denne masteroppgaven var å undersøke inter- og intrareliabiliteten til to ulike isometriske tester for maksimal kraftutvikling hos styrketrente unge voksne. Testene som ble evaluert var isometrisk benkpress og isometrisk mid-thigh pull.

Introduksjon. Sammenlignet med dynamiske 1RM-tester er det antatt at isometriske tester har en rekke fordeler. Det antas at isometriske tester er mindre tidkrevende, samt mindre utmattende og medfører lavere skaderisiko. Isometrisk mid-thigh pull har tidligere vist høy reliabilitet i studier med atleter i ulike idretter. Da resultatene av disse studiene ikke kan generaliseres til andre populasjoner, vil det være hensiktsmessig å undersøke reliabiliteten hos andre populasjoner. Isometrisk testing av overkroppsstyrke har i mindre grad fått oppmerksomhet sammenlignet med underkroppsstyrke. Noen få studier har undersøkt reliabiliteten til ulike tester for overkroppsstyrke, men det er ennå ikke utviklet en metode som adresserer problemet like godt som isometrisk mid-thigh pull i sine respektive omstendigheter.

Metode. Totalt 19 kvinner (n = 3) og menn (n = 16) i alderen 24.8 ± 3.8 år gjennomførte tre økter med testing i øvelsene isometrisk benkpress (IBP) og isometrisk mid-thigh pull (IMTP). Den første økten var ansett som en tilvenningsøkt. Det var minimum 48 timers mellomrom mellom hver av øktene. Kraftutvikling ble målt med en MuscleLab kraftplatform. Absolutt kraftutvikling over en fem-sekunder lang kontraksjon ble benyttet i analyser av data. Intraklasse korrelasjons koeffisient (ICC) og variasjonskoeffisient (CV) ble benyttet for evaluering av reliabilitet.

Resultater. ICC for intrareliabilitet i IBP varierte fra 0.92 til 0.99. Interreliabiliteten for IBP var demonstrert som høy med ICC 0.92. Intrareliabiliteten i IMTP var demonstrert som ICC 0.98 for alle økter. Interreliabiliteten i IMTP var demonstrert som ICC 0.97. CV demonstrerte akseptabel variasjon i analyse av både intra- og interreliabilitet i både IBP og IMTP. CV for IBP var 3.6% - 9.4% (intrareliabilitet) og 6.3% (interreliabilitet). CV for IMTP var 4.7% - 5.1% (intrareliabilitet) og 7.5% (interreliabilitet)

Konklusjon. Begge testene demonstrerte høy reliabilitet og akseptabel variasjon. De er derfor anvendbare til måling av absolutt kraftutvikling hos styrketrente unge voksne. Videre undersøkelser av reliabiliteten til IBP er anbefalt da utvalget som er inkludert i analyse er lite. Det er også anbefalt å gjennomføre flere studier med høyere antall kvinnelige deltakere, ettersom antallet kvinner i studiet var lavt.

Innholdsliste

1.0 Introduksjon

Prestasjon i idrett består ofte av en kompleks sammensetning av en rekke ferdigheter som evne til å hoppe, sprinte, og hurtig retningsforandring (Suchomel, T., et.al., 2016). Høyere krav til nøyaktighet i treningsplanleggingen fører til økt fokus på måling og kvantifisering av fremgang i faktorer som har dokumentert innvirkning på prestasjonen (Asci, A. & Açikada, C. 2007; Stone, M. H., et.al., 2002; Suchomel, T., et.al., 2016). Testing av styrke som mål på fremgang og prediktor for idrettslig prestasjon har derfor lenge vært en viktig del av profesjonelle trenere og utøveres hverdag, og med utviklingen i prestasjonsnivå sammen med utvikling av teknologi og metodiske verktøy stilles det stadig høyere krav til presisjon og nøyaktighet i arbeidet med måling aktuelle faktorer (Asci, A. & Açikada, C. 2007; Stone, M. H., et.al., 2002; Suchomel, T., et.al., 2016; Winter, E. M., et.al., 2007). Dynamiske tester som 1RM benkpress, 1RM markløft, og 1RM knebøy har lenge vært populære verktøy for adressering av styrke relatert til prestasjon (Dos'Santos, T., et.al., 2017; Guppy, S. N., et.al., 2018). Som følge av flere fordeler sammenlignet med dynamiske målinger av styrke har populariteten av isometrisk verktøy økt, særlig etter introduseringen av flerleddstesten isometric mid-thigh pull (Grgic, J., et.al., 2021).

Isometrisk testing har vist seg å ha en rekke fordeler som kan være svært aktuelle for profesjonelle utøvere og trenere (Comfort, P., Dos' Santos, et.al., 2019; Grgic, J., et.al., 2021; Stone, M. H., et.al, 2019; Winter, E. M., et.al., 2007). Noen av disse antatte fordelene er lave krav til tid og ressurser, samt lavere belastning på utøver i form av lavere risiko for utmattelse og skade. Kompetansen nødvendig ved gjennomføring av dynamiske testing er også foreslått å være høyere enn ved isometrisk testing (Dos'Santos, et.al., 2017; Lum, et.al., 2020). Studier på isometriske styrketester har vist høy korrelasjon til karakteristikker knytt mot kraftutvikling som rate of force development (RFD) og peak force (PF) (Dos'Santos, et.al., 2017; Lum, et.al., 2020). Ved etablering av en standardisert metodikk for isometrisk testing av styrke kan det potensielt vise seg å være et mer hensiktsmessig verktøy enn dynamiske 1RM tester (Asci, A. & Açikada, C. 2007; Stone, M. H., et.al., 2002; Suchomel, T., et.al., 2016; Winter, E. M., et.al., 2007). Studier på isometrisk testing har i stor grad fokusert på underkroppsstyrke (Bellar, D., et.al., 2015; Young, K. P., et.al., 2014), og det er derfor nødvendig med ytterlige undersøkelser av relabilitet og validitet ved isometrisk styrketester for overkroppsstyrke.

Ettersom majoriteten av studier har blitt gjennomført på reliabilitet hos atleter i ulike idretter, kan det være fornuftig å undersøke reliabiliteten hos andre populasjoner. Dersom den samme høye reliabiliteten demonstreres i andre populasjoner kan det bidra til at metoden kan benyttes også i andre sammenhenger. Denne masteroppgaven har som hensikt å videre undersøke inter- og intra-reliabiliteten til isometrisk mid-thigh pull og isometrisk benk press hos styrketrente unge voksne.

1.2 Problemstillinger

Problemstilling for studien var følgende:

Hva er inter- og intrareliabiliteten for isometrisk mid-thigh pull og isometrisk benkpress hos styrketrente unge voksne?

1.3 Hypoteser

Følgende hypoteser ble lagt frem i forkant av studien.

1. Isometrisk mid-thigh pull viser høy interreliabilitet.
2. Isometrisk mid-thigh pull viser høy intrareliabilitet.
3. Isometrisk benkpress viser høy interreliabilitet.
4. Isometrisk benkpress viser høy intrareliabilitet.

2.0 Teori

2.1 Styrketrening

Styrketrening handler om å systematisk planlegge og gjennomføre rutiner som har som mål å øke den muskulære styrken (Zatsiorsky et al., 2020). Planleggingen av treningsrutiner er mye preget av Hans Selyes teori om adaptasjoner (Zatsiorsky et al., 2020; Selye, 1950). Teorien kalles General Adaption Syndrom (GAS) og omhandler hvordan biologiske organismer tilpasser stress de blir utsatt for under ulike omstendigheter (Selye, 1950). Teorien deler adapsjon i tre faser; reaksjon, motstand, og utmattelse (Selye H., 1950). Reaksjonsfasen er organismens reaksjon på ukjent stress den bli utsatt for og medfører for eksempel en økning hjerterytme og åndedrett. Motstandsfasen beskrives som den fasen hvor organismen forsøker å tilpasse seg det påførte stresset. Dette medfører en reversering av reaksjonsfasen, som nedgang i hjerterytme og åndedrett. Den siste fasen, utmattelsesfasen, beskriver hva som skjer med organismen dersom stresset den påføres er vedvarende og ikke lenger mulig for organismen å håndtere. I denne fasen vil negative endringer hos organismen forverres sammenlignet med reaksjonsfasen (Selye, 1950).

Teorien til Selye har hatt stor innvirkning i hvordan vi planlegger og gjennomfører trening (Bompa & Buzzichelli, 2019). Vi forventer at kroppen gjennom motstandsfasen tilpasser seg stresset som påføres. Teorien til Selye påpeker nemlig også at hvilke adapsjoner en biologisk organisme opplever er avhengig at hvilken type stress den blir utsatt for (Selye, 1950). Dersom det er mulig å utsette kroppen for en riktig mengde spesifikt stress, uten at kroppen går over i utmattelsesfasen, er det mulig å oppnå spesifikke ønskede adapsjoner (Bompa & Buzzichelli, 2019).

Styrketrening handler om adapsjoner i forhold til vår muskulære styrke og kan defineres som «all trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft (eller dreiemoment) ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet» (Raastad, et al.,2010). Hvilke adapsjoner treningen er fører til og i hvilken grad disse adapsjonene oppstår er påvirket av en rekke variabler som volum, intensitet og frekvens (Bompa & Buzzichelli, 2019). Volum omhandler kvantitet av treningen og innebærer i styrketrening varighet, antall sett, antall repetisjoner, og motstand (Bompa & Buzzichelli, 2019). Intensiteten kan defineres som mengden arbeid som utføres per tidsenhet (Komi, 2002). Intensitet omhandler neuromuskulær aktivering, som vil si at høyere kraftutviklinger eller høyere motstand krever høyere neuromuskulær aktivering. Gjennom nøye planlagt manipulering av disse variablene kan ønskede adapsjoner oppnås samtidig som det unngås å påføre stress som fører til utmattelse (Bompa & Buzzichelli, 2019).

2.2 Muskelarbeid

Dynamisk (isotonisk) muskelarbeid involverer kontraksjoner som fører til bevegelse i ledd samt forlengelse eller forkortelse av muskelen (McComas, 1996), mens isometrisk muskelarbeid innebærer konstant lengde på muskelen som utfører arbeidet. Endringer i lengde kalles for kontraksjoner, hvor forkortelse av muskelen kalles en konsentrisk kontraksjon, forlengelse kalles en eksentrisk kontraksjon, og ingen endring kaller isometrisk kontraksjon (Kenney et al., 2020).

2.3 Måling av maksimal styrke

Maksimal styrke kan defineres som den absolutte kraften en muskel er i stand til å produsere mot et eksternt objekt (Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Det finnes flere ulike årsaker til praktisering av måling av styrke er hensiktsmessig. Styrke er ofte en viktig del av et bredt ferdighetsspekter i ulike idretter (Tanner & Gore, 2012; Suchomel, et al., 2016). I tillegg vil også testing av styrke gi nyttig informasjon om treningsstatus. Denne informasjonen kan benyttes til estimering av belastninger som skal benyttes i trening av styrke (Tanner & Gore, 2012; Bompa & Buzzichelli, 2019). Maksimal styrke kan måles på flere ulike måter, blant annet; isokinetisk, dynamisk, og isometrisk (Grgic et al., 2020). Isokinetisk testing innebærer å produsere kraft mot et objekt for å flytte det i en konstant hastighet som er høyere enn null (Winter et al., 2007). Denne typen testen av maksimal styrke er ofte kostbart da det krever dynamometer, i tillegg til at de ofte blir gjennomført med bevegelser over bare et ledd (Grgic et al., 2020). Isokinetisk dynamometer har likevel vært en av de mest praktiserte metodene for måling av styrke, og har tidligere demonstrert god til høy reliabilitet (Nitschke, 1992; Perrin, 1986; McMaster et al., 2014). Maksimal styrke kan også måles ved 1RM-tester (Thompson et al., 2020). Ofte brukes 1RM tester for å senere bruke resultatet av testen til å estimere treningsbelastninger (Thompson et al., 2020). Dynamiske 1RM-tester gjennomføres ved å påføre et objekt kraft for å påvirke objektets posisjon og hastighet, og har som mål å finne den høyeste belastningen som kan løftes en gang. I motsetning til isokinetisk testing, er 1RM-tester brukt til å gjennomføre tester av øvelser som går over flere ledd (Grgic et al., 2020). I motsetning til isokinetisk testing krever ikke dynamiske 1RM-tester dyrt utstyr, og det samme utstyret kan ofte brukes til å teste for styrke i flere ulike bevegelsesmønster. Selv om testing av styrke ved 1RM har vist seg å være en reliabel metode (Grgic et al., 2020), følger det også med en rekke ulemper og svakheter. Gjennomføring av 1RM tester kan blant annet føre til utmattelse da repeterte forsøk med nær maksimal innsats fører til neuromuskulær tretthet (Walker et al., 2012; Stone et.al., 2019). Det medfører også en risiko for å underestimere gjennom for høye økninger i belastning mellom hvert. Da kan et potensielt suksessfullt forsøk ved en lavere belastning bli oversett (Stone et al., 2019). I motsetning til isokinetiske og dynamiske metoder for testing av styrke, innebærer isometrisk styrke at det utvikles kraft mot et objekt som ikke endrer posisjon (Winter et al. 2007). Ettersom objektet det produseres kraft mot ikke beveger seg, er både den aktuelle muskelen og det aktuelle leddet konstant gjennom helle kontraksjonen. Isometriske målinger kan gjennomføres med blant annet kraftplatform (Winter et al. 2007). Sammenlignet med dynamisk testing av styrke, er isometrisk mindre tid- og utstyrskrevende i tillegg til at det antas å være mindre utmattende og med lavere skaderisiko (Comfort et al., 2019; Grgic et al., 2021). Isometrisk testing medbringer også ulemper, og en av de mest fremtredende er at hver enkelt isometrisk måling bare tar for seg kraftutvikling i et enkelt leddutslag (Winter et al., 2007).

2.4 Forhold mellom isometriske målinger og dynamisk prestasjon

2.4.1 Isometrisk måling av underkroppsstyrke og dynamisk prestasjon

Når styrke i underkropp måles isometrisk, har isometrisk mid-thigh pull lenge vært en av de mest brukte testene (Comfort et al., 2019). Målinger av kraftutvikling i isometrisk mid-thigh pull har demonstrert sterke korrelasjoner til ulike typer dynamiske prestasjoner (Comfort et al., 2019). Særlig i vektløftingssammenheng har isometrisk mid-thigh pull demonstrert potensiale til å være et nyttig verktøy for evaluering av prestasjonsrelaterte ferdigheter, men også i et antall idrettsspesifikke ferdigheter (Comfort et al., 2019). En studie av Dos'Santos et al. (2017) undersøkte forholdet mellom isometrisk mid-thigh pull og dynamisk prestasjon. Studien inkluderte 43 deltakere fra en rekke forskjellige idretter (36 menn, 7 kvinner). Resultatet av studien demonstrerte et statistisk signifikant forhold mellom isometrisk mid-thigh pull og 1RM power samt et moderat forhold til øvelsen counter movement jump (Dos'Santos et al., 2017). En annen studie, av De Witt et al. (2018), undersøkte forholdet mellom isometrisk mid-thigh pull og 1RM i markløft. Totalt ni deltakere deltok i studien, hvorav fem var menn og fire var kvinner. Studien demonstrerte en korrelasjon mellom isometrisk mid-thigh pull og 1RM markløft på r = 0.88 ($p \leq 0.05$) ved bruk av absolutt kraftutvikling (peak force) i analyser.

2.4.2 Isometrisk måling av overkroppsstyrke og dynamisk prestasjon

Det er per i dag lite litteratur på en eventuell sammenheng mellom isometriske målinger og dynamisk prestasjon i overkropp. En studie av Murphy et al. (1995) undersøkte forholdet mellom isometrisk måling av overkroppsstyrke og dynamisk prestasjon. Isometrisk benkpress ved to forskjellige vinkler i albueleddet ble sammenlignet mot 1RM i benkpress og benkpress kast ved tre ulike nivåer av belastning (Murphy et el., 1995). Tretten mannlige deltakere i en alder av 23 ± 4 med minst et års erfaring med styrketrening deltok i studien. 1Resultatene av studien demonstrerte en signifikant korrelasjon mellom 1RM benkpress og isometrisk benkpress med 90° vinkel i albueledd (r = 0.77). Korrelasjoner ble også funnet mellom isometrisk benkpress ved 90° og de tre benkpresskastene (r = 0.61 til 0.69). I tillegg til korrelasjonene mellom isometrisk benkpress ved 90° vinkel i albueledd og de andre testene ble det demonstrert en tydelig fordel av å endre vinkel i albueledd til 120°. Deltakerne i studien presterte bedre ved 120° vinkel i albueleddet, men det korrelerte dårligere med de andre testene. (Murphy et al., 1995). En studie av Bellar et al. (2015) undersøkte validiteten og reliabiliteten til en isometrisk test av overkroppsstyrke opp mot 1RM benkpress. Testen i studiet var en modifisert pushup som viste sterk korrelasjon til 1RM i benkpress

2.5 Reliabilitet

Begrepet reliabilitet kan forståes som enighet eller evne til å repetere (Atkinson & Neville, 1998). Evaluering av et måleverktøys reliabilitet er en nødvendig praksis før det kan benyttes i aktuelle omstendigheter (Koo, T.K. & Li, M.Y., 2015). Reliabilitet handler om i hvilken grad det kan forventes at gjentatte målinger gir like resultater gitt at forholdene er identiske (Carmines & Zeller, 1979; Thomas et al., 2015). En av de vanligste måtene å estimere reliabilitet til en måling på er test-retest, hvor en test blir gjennomført først en gang så deretter igjen under helt like forhold ved en senere anledning (Carmines & Zeller, 1979). Reliabiliteten ved test-retest metoden er lik korrelasjonen mellom verdier fra måling 1 og måling 2. Sterke korrelasjoner mellom verdiene antyder at målingene er presise og kan være hensiktsmessige å benytte i forskning og annen praksis Hopkins (2000). Reliabilitet kan også sees på som i hvilken grad målefeil er akseptable i praktisk bruk at målingene, da det urealistisk at en målemetode er feilfri (Atkinson & Nevill, 1998). Om en test produserer de samme resultatene på tvers at to uavhengige målinger ved to forskjellige anledninger kalles test-retest reliabilitet (Thomas et al., 2015).

2.5.1 Intraklasse korrelasjons koeffisient (ICC)

I denne studien er intraklasse korrelasjons koeffisient benyttet for evaluering av reliabilitet. Intraklasse korrelasjons koeffisient har sin fordel med at den reflektere både grad av korrelasjon (ICC) samt enighet mellom målinger (Koo & Li, 2015). Det finnes per i dag flere ulike måter å estimere ICC på, og valg av riktig er avhengig av hvilke modell og type måledata som er relevant (Koo & Li, 2015). Vurdering av grad av reliabilitet ved bruk av intraklasse korrelasjons koeffisient er ikke standardisert. Koo & Li (2015) foreslår derfor at verdier tolkes på følgende måte: mindre enn 0.5 = dårlig reliabilitet, mellom 0.5 og 0.75 = moderat reliabilitet, mellom 0.75 og 0.9 = god reliabilitet, og verdier over 0.9 = høy reliabilitet.

2.5.2 Variasjonskoeffisient (CV)

Variasjonskoeffisienten (CV) måler relativ variasjon i et datasett og sier noe om forholdet mellom standardavviket og gjennomsnittet (Hopkins, 2000). Da variasjonskoeffisienten reflekterer stabiliteten av en repetert måling fungerer den godt som mål på reliabilitet. Hvordan variasjonskoeffisienten tolkes er avhengig av hvilke verdier som er hensiktsmessige å definere som akseptable (Shechtman, 2013).

2.5 Tidligere forskning på reliabiliteten til IMTP og IBP

2.5.1 Isometrisk mid-thigh pull

En rekke studier har blitt gjennomført for å evaluere reliabiliteten til isometrisk mid-thigh pull. Grgic et al., 2021). En systematisk oversikt av Grgic et al. (2021) tar for seg reliabiliteten til isometrisk mid-thigh pull ved å undersøke og sammenligne totalt 16 studier.

Majoriteten av studier inkludert i oversikten har blitt gjennomført med mannlige deltakere som er atleter i en rekke forskjellige idretter (Grgic et al., 2021). Hovedfunnet i den systematiske oversikten er at ved bruk av absolutt kraftutvikling demonstrerer isometrisk mid-thigh pull god til høy reliabilitet ved bruk av absolutt kraftutvikling (ICC fra 0.84 til 0.99, ICC median = 0.97). Rapporterte verdier for variasjonskoeffisient varierte fra 3.4& til 10.1% (median 5.7%) (Grgic et al., 2021). En studie av Comfort et al. (2015) undersøkte test-retest reliabiliteten til isometrisk mid-thigh pull med et utvalg av 24 mannlige atleter i en alder av e 21.7 ± 2.1 år. Studiet undersøkte test-retest reliabiliteten ved fire forskjellige vinkler i kne (120°, 130°, 140°, and 150°) og to forskjellige vinkler i hofte (125° and 145°) (Comfort et al., 2015). Resultatet av studien demonstrerte høy reliabilitet i alle utslag ved bruk av absolutt kraftutvikling (ICC 0.97 – 0.96). En annen studie av Moeskops et al. (2018) undersøker både test-retest og intrareliabiliteten til isometrisk mid-thigh pull hos unge kvinnelige atleter. En studie av Moeskops et al. (2018) undersøkte test-retest reliabiliteten og intrareliabiliteten til isometrisk mid-thigh pull hos unge kvinnelige atleter (n = 38). Studien rapporterte ICC på 0.95 til 0.97 og CV på 4.9% til 7.5% for intrareliabilitet (Moeskops et al., 2018). For test-retest reliabilitet ble det rapportert ICC på 0.92 til 0.95 og CV på 5.8% til 10.2% (Moeskops et al. 2018). Dos'Santos et al. (2018) gjennomførte en studie hvor test-retest og intra reliabiliteten til isometrisk mid-thigh pull hos mannlige unge fotballspillere ble undersøkt. Totalt 13 deltakere var med i studien (16.7 ± 0.5 år). Det ble rapport en test-retest reliabilitet på ICC 0.86 til 0.96 og CV på 3.7% til 7.9%. Intrareliabiliteten ble rapport som ICC på 0.86 til 0.76 og CV på 4.3% til 9.7% (Dos'Santos et al., 2018). Studien konkluderte med høy reliabilitet av testen ved tidsspesifikke kraft verdier hos unge mannlige fotballspillere. Tidligere forskning demonstrerer høy test-retest reliabilitet og intrareliabilitet hos både mannlige og kvinnelige utøvere i ulike idretter. Det er derimot i liten grad dokumentert om isometrisk mid-thigh pull kan være en reliabel test hos et utvalg som ikke representerer en populasjon bestående av atleter.

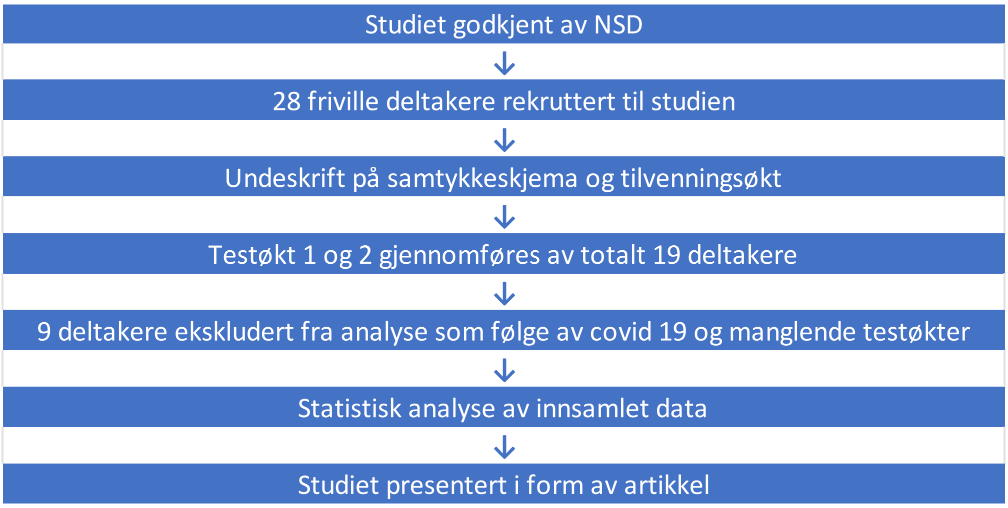
2.5.2 Reliabilitet ved isometrisk testing av overkroppsstyrke

Isometrisk testing av overkroppsstyrke har ikke fått den samme oppmerksomheten som isometrisk testing av underkroppsstyrke (Bellar et.al., 2015; Young et al., 2014). En studie av Bellar et al. (2015) undersøker validiteten og reliabiliteten til en isometrisk test av overkroppsstyrke opp mot 1RM benkpress. Studiet ble gjennomført med 40 unge voksne, hvorav 20 var kvinner og 20 var menn i en alder av 22 ± 2.8 år. Testen var en modifisert push-up. Resultatet av studien demonstrerte en ICC på 0.98 for testen og en sterk korrelasjon til 1RM i benkpress (kvinner: $r^2 = 0.422$, $p = 0.0019$, menn: $r^2 = 0.691$, $p \leq 0.001$). Konklusjonen av studien var testen kan være nyttig for måling av overkroppsstyrke da den demonstrerte høy reliabilitet. Young et al. (2019) gjennomførte en studie på isometrisk benkpress hvor de testet ulike vinkler i albueleddet for å sammenligne reliabiliteten. Studiet inkluderte 24 mannlige atleter i alderen 19 ± 2.8 år. Deltakerne tilhørte en rekke ulike idretter. Måling av isometrisk kraftutvikling ble gjennomført over fire ulike vinkler i albueleddet; 60°, 90°, 120°, og 150° (Young et al., 2014). Ved bruk av absolutt kraftutvikling (peak force) demonstrerte resultatene av studien test-retest reliabilitet på ICC 0.93 (60°), 0.89 (90°), 0.94 (120°) og 0.97 (120°). Konklusjonen av studien var IBP var en reliabel metode å evaluere overkroppsstyrke på, særlig ved vinkel i albueledd på 120° og 150° (Young et al. 2014).

3.0 Metode

3.1 Studiedesign

Det ble benyttet et eksperimentelt design med gjentatte målinger av de to testene IMTP og IBP for evaluering av reliabilitet. Dette er et er et høyt benyttet studiedesign i studier som undersøker reliabilitet (Dos' Santos, T., et.al., 2017; Moeskops, S., et.al., 2018; Comfort, P., et.al., 2015; James, L. P., et.al., 2017). Hensikten med dette studiedesignet er å oppnå målinger som kan analyseres på tvers av hverandre for å kunne vurdere reliabiliteten til målingene. Studiet bestod av totalt tre økter. Den første økten ble benyttet som en tilvenningsøkt for å utelukke en eventuell læringseffekt av testene (Comfort, P., et.al., 2019), i tillegg til måling av antropometriske variabler. Relevante antropometriske variabler var kroppsvekt og høyde. Tilvenningsøkten ble også benyttet til definering av testposisjon for reprodusering de to neste øktene. Alle testmålinger ble gjennomført med en kraftplatform fra MuscleLab i tillegg til medfølgende programvare. Figur 1 viser flytskjema for studien.



Figur 1. Flytskjema for studien.

3.2 Deltakere

Rekruttering av deltakere skjedde gjennom muntlige forespørsler og sosiale medier. Deltakere ble gitt detaljert informasjon om prosjekt i forkant av oppstart. Lokasjon for rekruttering var høgskulen på Vestlandet, avdeling Sogndal. Detaljert informasjon i tillegg til deltakers rettigheter ble også gitt i form av et samtykkeskjema som deltaker deretter skrev under på med navn og dato. Inklusjons- og eksklusjonskriterier ble forhåndsbestemt for å sikre at potensielle deltakere kunne representere den ønskede populasjonen. Inklusjons og eksklusjonskriterier for studien var følgende:

Inklusjonskriterier:	Eksklusjonskriterier:
Kvinner – 18 år eller eldre	Sykdom som hindrer gjennomføring
Menn – 18 år eller eldre	Skade som hindrer gjennomføring
Treningserfaring – 1 år eller mer	Gjennomføring – 100% av alle økter

Totalt 28 kvinnelige og mannlige deltakere meldte seg frivillig til studien, hvor av 9 var kvinner og 21 var menn. 19 kvinnelige (n = 3) og mannlige (n = 16) fullførte alle de tre testøktene. Tilfeller av covid 19 infeksjoner var årsaken til fem av frafallene, mens de fire andre tilfellene kan forklares med mangel på oppmøte til en eller flere testøkter. Alle inkluderte deltakere oppga å ha mer enn 1 års erfaring med styrketrening. Tabell 1 beskriver karakteristikkene til deltakerne. Alle verdier i tabellen er presenter som gjennomsnitt ± standardavvik.

Tabell 1. Deltakeres karakteristikker

Alder (år)	Høyde (cm)	Kroppsvekt (kg)	Treningserfaring (år)
24.8 ± 3.8	179.632 ± 7.6	176.3 ± 8.6 cm	5.0 ± 2.8

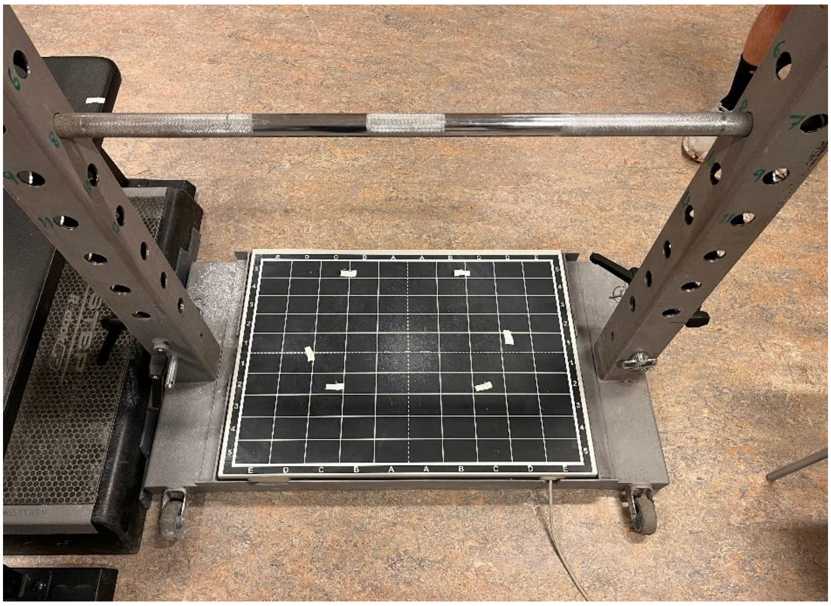
Presentert som gjennomsnitt ± standardavvik

3.3 Etiske aspekter

Alle deltakere meldte seg frivillig til studien og bekreftet dette ved å signere et samtykkeskjema i starten av den første testøkten (se vedlegg 1). Deltaker ble først informert om prosedyrer i forkant av studien som en del av rekrutteringsprosessen, og deretter igjen skriftlig i samtykkeskjemaet. NSD (Norsk Senter for Forskningsdata) godkjente studien i forkant av oppstart (referanse nr. 389938). Alle identifiserbare data ble under studien lagret på en pc med begrenset tilgang (kun autorisert personale). Under analysering av rådata ble deltakere tildelt tilfeldige deltakernumre for å ikke være gjenkjennbare i det ferdige datasettet.

3.3 Målinger og måleapparater

Antropometriske målinger ble adressert under tilvenningsøkten for beskrivelse av utvalg. Disse målene vår høyde og kroppsvekt. Høyde ble målt uten sko med et veggmontert målebånd og er oppgitt i centimeter (cm). Måling av kroppsvekt er gjennomført med en mekanisk vekt av typen seca (seca Deutschland, Hamburg, Germany), og oppgitt i kilogram (kg). Vinkler i kne og hofte under isometrisk mid-thigh pull ble kontrollert med vinkelmåler i tilvenningsøkten. Målinger av kraft ble gjennomført med en kraftplatform av typen MuscleLab (Ergo test Technology AS, Langesund, Norway), sammen med den tilhørende programvaren MuscleLab v8.27 (Ergo test Technology AS, Langesund, Norway). Kraftplatformen ble plassert i et spesiallaget stativ for isometrisk testing av styrke (figur 2). Kraft er målt og oppgitt i newton (N).



Figur 2. Kraftplaformens plassering i spesiallaget stativ for isometrisk testing.

3.4 Tilvenningsøkt

Deltakere gikk gjennom en tilvenningsøkt i starten av studien for å kontrollere for en eventuell læringseffekt (Comfort, P., et.al., 2019). I begynnelsen av økten ble deltakere gitt informasjon om protokoller og standardiseringer. Økten ble benyttet til etablering av testposisjon. I tillegg til enkelte standardiseringer på tvers av alle deltakere, ble relevante holdepunkter for kroppslig posisjon i testrigg notert for å kunne reproduseres de to kommende øktene. Tilvenningsøkten ble også inkludert i statistiske analyser for å kunne vurdere den eventuelle læringseffekten.

3.5 Protokoller

Hver enkelt testøkt bestod av tre forsøk med isometrisk mid-thigh pull og tre forsøk med isometrisk benkpress samt spesifikk oppvarming i forkant av testing. Rekkefølgen på testingen var den samme alle de tre øktene; oppvarming til isometrisk benkpress, testing i isometrisk benkpress, oppvarming til isometrisk mid-thigh pull, og til slutt testing i isometrisk mid-thigh pull. Noterte holdepunkter for kroppsposisjon i testrigg ble markert med teip så deltaker enkelt kunne stille seg i identisk posisjon. Selve testforsøkene bestod av en maksimal kontraksjon på fem sekunder, og deltakere fikk to minutters pause mellom hvert forsøk. Deltakere ble instruert å legge seg/stille seg i testposisjon for deretter å avvente til videre instruks om å kontrahere ble gitt. Deltakere holdt så maksimal kontraksjon til en nedtelling fra null til fem var fullført. Figur 3 beskriver rekkefølgen for oppvarmings- og testprotokoller.

IBP - Oppvarming, 10 x pushups
1 minutt pause
IBP - Oppvarming, 50% av maksimal innsats
1 minutt pause
IBP - Oppvarming, 75% av maksimal innsats
3 minutter pause
IBP - Testforsøk 1
2 minutter pause
IBP - Testforsøk 2
2 minutter pause
IBP - Testforsøk 3
3 minutter pause
IMTP - Oppvarming, 10 x spensthopp
1 minutt pause
IMTP - Oppvarming, 50% av maksimal innsats
1 minutt pause
IMTP - Oppvarming, 75% av maksimal innsats
3 minutter pause
IMTP - Testforsøk 1
2 minutter pause
IMTP - Testforsøk 2
2 minutter pause
IMTP - Testforsøk 3

Figur 3. Flytskjema for testprotokoll

3.5.1 Oppvarmingsprotokoll

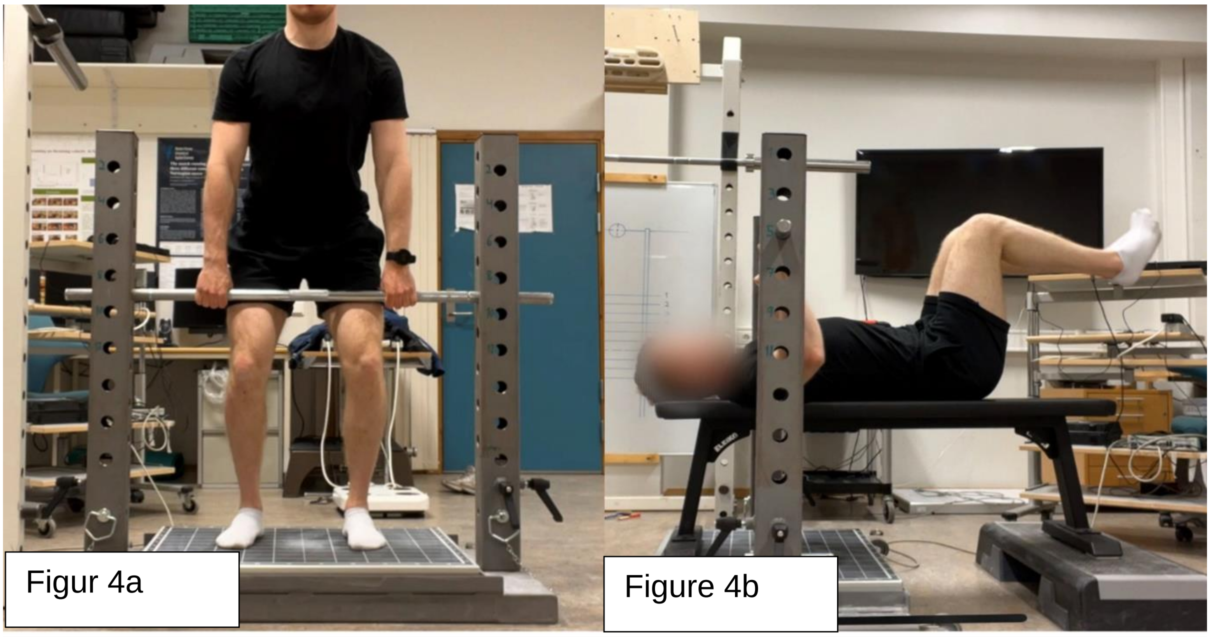
Deltakere gikk gjennom tre oppvarmingssett for de ulike øvelsene. Oppvarmingen var tilpasset hver av de to isometriske testene og bestod av en dynamisk øvelse og to forsøk i testriggen med lavere enn maksimal innsats. Deltakere gjennomførte først den dynamiske øvelsen og deretter, med ett minutt pause mellom hvert oppvarmingssett, to forsøk i testriggen på henholdsvis 50% og 75% av maksimal innsats. Deltakere estimerte selv hva de mente var 50% og 75% av maksimal innsats. Etter oppvarming fikk deltakere tre minutters pause før selve testingen startet.

3.5.2 Testprotokoll for isometrisk benkpress

En benk ble plassert på kraftplatformen og deltaker ble instruert å legge seg i testposisjon. Plassering av benken på plattform ble standardisert i forkant av studien og var identisk hver økt for alle deltakere. En vinkel på 90° i albueledd ble benyttet for alle deltakere (eller så nærme som teststativet tillot) (Bellar, D., et.al., 2015; Young, K. P., et.al., 2014). Deltakere ble også gitt instruksjoner om å holde hode, skuldre, rompe i kontakt med benken gjennom hele forsøket. Det ble gitt instrukser om å holde begge bein oppe i luften med 90° vinkel i hofteledd og 90° vinkel i kneledd. Plassering av skuldre på benk og grep på bar ble notert for å kunne reprodusere testposisjonen til deltaker. Figur 4b viser testposisjon for isometrisk benkpress

3.5.3 Testprotokoll for isometrisk mid-thigh pull

Stangen ble plassert i testriggen så vinkler i kneledd og hofteledd kom så nærme 145° og 135°som mulig (Stone, M. H., et.al., 2019). Deltakere ble også instruert å sette bein omtrent under skuldre. Plassering av føtter og grep ble notert og benyttet for å kunne reprodusere utgangsposisjon mellom øktene. Deltakere ble instruert å trekke i retning oppover og samtidig unngå å lene seg bakover under kontraksjonen. Alle deltakere benyttet løftestropper til hvert av forsøkene, dette for å unngå at grepsstyrke skulle bli en begrensende faktor for kraftutvikling (Coswig et al., 2015; Jukic et al., 2020; Jukic et.al., 2021) Figur 4a viser testposisjon for isometrisk mid-thigh pull.



Figur 4a og b. Figrud a viser testposisjon i isometrisk mid-thigh pull. Figur 4b viser testposisjon i isometrisk benkpress.

3.7 Statistiske analyser

Totalt 19 kvinnelige (n = 3) og mannlige (n = 16) deltakere er inkludert i statistisk analyse av inter- og intrarelabilitet ved isometrisk mid-thigh pull. Totalt 8 deltakere (1 kvinnelig, 7 mannlige) er inkludert i statistisk analyse av inter- og intrareliabilitet ved isometrisk benk press. Årsaken til differansen i antall inkluderte deltakere er bortkomne data etter innsamling. Årsaken til at isometrisk benk press data for totalt 11 deltakere forsvant fra benyttet pc er ukjent.

Alle statistiske analyser er gjennomført i programvaren SPSS v.28.0.1.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA, 1989-2021). Normalfordeling av data ble testet og bekreftet normalfordelt med Shapiro-wilk's test (p = 0.114). Analyse av reliabilitet er gjennomført med to-veis randomisert-effekt intraklasse korrelasjons koeffisient (ICC) med 95% konfidensintervall (CI) og variasjons koeffisient oppgitt i prosent (CV%, 95% konfidensintervaller. Variasjonskoeffisienten er kalkulert med følgende formel:

$$CV\ (\%) = 100\ x\ \frac{\sum CVi}{n}$$

For klassifisering av reliabilitet med ICC er verdier under 0.5 ansett som dårlig reliabilitet, verdier mellom 0.5 og 0.75 er ansett som moderat reliabilitet, verdier mellom 0.75 og 0.9 er ansett som god reliabilitet, og verdier over 0.9 er ansett som høy reliabilitet (James et al., 2018). Akseptabel variasjonskoeffisient ble bestemt som under 10% (Schetman, 2013)

4.0 Litteraturliste

Asci, A., & Açikada, C. (2007). Power production among different sports with similar maximum strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *21*(1), 10-16.

Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports medicine*, *26*(4), 217-238.

Bellar, D., Marcus, L., & Judge, L. W. (2015). Validation and reliability of a novel test of upper body isometric strength. *Journal of Human Kinetics*, *47*, 189.

Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodization-: theory and methodology of training*. Human kinetics.

Carmines, E. G., & Zeller, R. A. (1979). *Reliability and validity assessment*. Sage publications.

Comfort, P., Jones, P., McMahon, J. J., & Newton, R. (2015). Effect of Knee and Trunk Angle on Kinetic Variables During the Isometric Midthigh Pull: Test–Retest Reliability. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, *10*(1).

Comfort, P., Dos' Santos, T., Beckham, G. K., Stone, M. H., Guppy, S. N., & Haff, G. G. (2019). Standardization and methodological considerations for the isometric midthigh pull. *Strength & Conditioning Journal*, *41*(2), 57-79.

Coswig, V. S., Freitas, D. F. M., Gentil, P., Fukuda, D. H., & Del Vecchio, F. B. (2015). Kinematics and kinetics of multiple sets using lifting straps during deadlift training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(12), 3399-3404.

De Witt, J. K., English, K. L., Crowell, J. B., Kalogera, K. L., Guilliams, M. E., Nieschwitz, B. E., ... & Ploutz-Snyder, L. L. (2018). Isometric midthigh pull reliability and relationship to deadlift one repetition maximum. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(2), 528-533.

Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., McMahon, J. J., & Jones, P. A. (2017). Relationships between isometric force-time characteristics and dynamic performance. *Sports*, *5*(3), 68.

Dos' Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., McMahon, J. J., Jones, P. A., Oakley, N. P., & Young, A. L. (2018). Between-session reliability of isometric midthigh pull kinetics and maximal power clean performance in male youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(12), 3364-3372.

Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Test–retest reliability of the one-repetition maximum (1RM) strength assessment: a systematic review. *Sports Medicine-Open*, *6*(1), 1-16.

Grgic, J., Scapec, B., Mikulic, P., & Pedisic, Z. (2021). Test-retest reliability of isometric mid-thigh pull maximum strength assessment: a systematic review. *Biology of Sport*, *39*(2), 407-414.

Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, *30*(1), 1-15.

James, L. P., Roberts, L. A., Haff, G. G., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2017). Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(5), 1378-1386.

Jukic, I., García-Ramos, A., Malecek, J., Omcirk, D., & Tufano, J. J. (2020). The use of lifting straps alters the entire load-velocity profile during the deadlift exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *34*(12), 3331-3337.

Jukic, I., García-Ramos, A., Baláš, J., Malecek, J., Omcirk, D., & Tufano, J. J. (2021). Ergogenic effects of lifting straps on movement velocity, grip strength, perceived exertion and grip security during the deadlift exercise. *Physiology & behavior*, *229*, 113283.

Komi, P. (Ed.). (2002). *Strength and power in sport : Olympic encyclopedia of sports medicine*. John Wiley & Sons, Incorporated.

Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2020). *Physiology of sport and exercise*. Human kinetics.

Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine*, *15*(2), 155-163.

Lum, D., Haff, G. G., & Barbosa, T. M. (2020). The relationship between isometric force-time characteristics and dynamic performance: a systematic review. *Sports*, *8*(5), 63.

McComas, A.J., (1996) *Skeletal muscle form and function.* Human kinetics.

Moeskops, S., Oliver, J. L., Read, P. J., Cronin, J. B., Myer, G. D., Haff, G. G., & Lloyd, R. S. (2018). Within-and between-session reliability of the isometric mid-thigh pull in young female athletes. *Journal of strength and conditioning research*, *32*(7), 1892.

Murphy, A. J., Wilson, G., Pryor, J. F., & Newton, R. U. (1995). Isometric Assessment of Muscular Function: The Effect of Joint Angle. *Journal of Applied Biomechanics*, *11*(2).

Nitschke, J. E. (1992). Reliability of isokinetic torque measurements: A review of the literature. *Australian Journal of Physiotherapy*, *38*(2), 125-134.

Perrin, D. H. (1986). Reliability of isokinetic measures. *Athletic training*, *21*(4), 319-321.

Raastad, T., Paulsen G., Refsnes P., Rønnestad, B. R. Wusbes A., R. (2010). Innledning, terminologi og definisjoner. I: Lie K., Brandser B. (Red.) *Styrketrening-I teori og praksis. (s. 13) Oslo: Gyldendal Norsk Forlag*.

Selye, H. (1950). Stress and the general adaptation syndrome. *British medical journal*, *1*(4667), 1383.

Shechtman, O. (2013). The coefficient of variation as an index of measurement reliability. In *Methods of clinical epidemiology* (pp. 39-49). Springer, Berlin, Heidelberg.

Stone, M. H., O'Bryant, H., Hornsby, G., Cunanan, A., Mizuguchi, S., Suarez, D., ... & Pierce, K. (2019). The use of the isometric mid-thigh pull in the monitoring of weightlifters: 25+ years of experience. *UKSCA Journal: Professional Strength and Conditioning*.

Stone, M. H., Moir, G., Glaister, M., & Sanders, R. (2002). How much strength is necessary?. *Physical Therapy in Sport*, *3*(2), 88-96.

Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, *46*(10), 1419-1449.

Tanner, R., & Gore, C. (2012). *Physiological tests for elite athletes*. Human kinetics.

Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2015). *Research methods in physical activity*. Human kinetics.

Thompson, S. W., Rogerson, D., Ruddock, A., & Barnes, A. (2020). The effectiveness of two methods of prescribing load on maximal strength development: a systematic review. *Sports Medicine*, *50*(5), 919-938.

Walker, S., Davis, L., Avela, J., & Häkkinen, K. (2012). Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *22*(3), 356-362.

Winter, E. M., Jones, A. M., Davison, R. R., Bromley, P. D., & Mercer, T. H. (Eds.). (2007). *Sport and exercise physiology testing guidelines: volume II–Sport testing: the British association of sport and exercise sciences guide*. Routledge.

Young, K. P., Haff, G. G., Newton, R. U., & Sheppard, J. M. (2014). Reliability of a novel testing protocol to assess upper-body strength qualities in elite athletes. *International journal of sports physiology and performance*, *9*(5), 871-875.

Zatsiorsky, Vladimir M., William J. Kraemer, and Andrew C. Fry. *Science and practice of strength training*. Human Kinetics, 2020.

Vedlegg 1, Samtykkeskjema

Vil du delta i forskingsprosjekt ved Høgskulen på Vestlandet, campus Sogndal: «Reliabilitet i isometrisk markløft og isometrisk benkpress»

Dette er et spørsmål til deg om å delta i en masteroppgave og forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke reliabiliteten i isometrisk markløft og isometrisk benkpress. I studien vil man sammenligne kraftutviklingen mellom ulike forsøk i samme økt og fra økt til økt.

Formål

Kraftutvikling er ett mye brukt mål på både muskelfunksjon, fysisk funksjon og idrettslig prestasjonsevne. Kraften en muskel/muskelgruppe klarer å utvikle kan enten måles akutt for å si noe om tilstanden her og nå, evt før og etter en treningsperiode for å si noe om endring i prestasjon/funksjon. Uavhengig av bakgrunnen for testingen så vil nytteverdien av resultatene være avhengig av presisjonen og påliteligheten (reliabiliteten) av resultatet. Med andre ord, om det er stor variasjon fra test til test (uten at man forventer at det skal ha skjedd en endring), er resultatene lite verdt. Flere studier har undersøkt reliabiliteten på isometrisk styrketester. Funnene fra disse studiene indikerer at reliabiliteten avhenger av hvilken test som gjennomføres, hvilken populasjon som er valgt samt protokollen som er blitt brukt. Det vil derfor være fornuftig å undersøke reliabiliteten av hvert enkelt spesifikke utstyr samt den protokollen man ønsker å benytte. I denne akutte studien ønsker vi derfor å undersøke reliabiliteten til to isometriske styrketester med det utstyret og protokollen som er vanlig å benytte i vår lab. Forsøkspersonene vil utføre den samme testøkten tre ganger på tre ulike dager. Den første gangen vil man få en innføring i, samt få prøve de ulike testene. Man vil også notere alle bakgrunnsvariablene for den enkelte forsøksperson. De to neste gangene vil være identiske og her vil man gjennomføre tre maksimale kontraksjoner i hver av de to øvelsen. Hver kontraksjon vil vare i fem sekund og ha 2 minutt pause imellom. Totaltiden for hver enkelt økt anslås til å være ca. 30 minutt.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Høgskulen på Vestlandet (HVL) er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Voksne mennesker i aldersgruppa 18-50 år inviteres til å delta. Du må være uten sykdom eller skader som kan hindre deltakelse i prosjektet.

Hva innebærer det for deg å delta?

Som deltaker i prosjektet må du gjennom en tilvenningstest og to eksperimentelle testdager hvor vi gjennomfører øvelsene som skal testes. I tillegg vil din vekt, høyde, alder og treningserfaring bli notert. Det vil være minimum 48 timer mellom de to øktene.

Som deltaker i prosjektet vil du få en unik mulighet til å lære mer om styrketrening og testing, og bidra til at kunnskapen på feltet øker. Hvis du velger å delta kan du ikke trene styrketrening de to siste dagene før testøktene.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Navnet og kontaktopplysningene dine vil erstattes med en kode som lagres på egen navneliste adskilt fra øvrige data. Siden det er en masteroppgave, vil masterstudenter være med under datainnsamlingen. Studentene vil få tilgang til dataene, men disse vil da være tilknytte ett nummer og ikke ditt navn. Bare prosjektansvarlig vil ha tilgang til opplysningene som kan knytte ditt navn til dine data. Det vil ikke være mulig å identifisere deg i dataene som publiseres.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?
Masteroppgaven/prosjektet skal etter planen avsluttes i juni 2022 og all innhentet informasjon om deg vil da bli slettet/destruert.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?
Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Høgskulen på Vestlandet har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?
Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Høgskulen på Vestlandet ved prosjektansvarlig Vidar Andersen (vidar.andersen@hvl.no tlf 9753 1437)
- Vårt personvernombud heter Trine Anikken Larsen og kan nåes på e-post: Trine.Anikken.Larsen@hvl.no eller telefon 55 58 76 82.
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost (personverntjenester@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Prosjektansvarlig

Joakim Gjengedal Olsbø

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «**Reliabilitet i isometrisk markløft og isometrisk benkpress**», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

☐ å delta på en tilvenningstest og to eksperimentelle treningsøkter hvor affektiv opplevelse på ulik treningseffektivitet skal måles.

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. juni 2022.

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg 2, Medforfattererklæring

Høgskulen på Vestlandet

Medforfattererklæring

Jeg samtykker i at artikkel

Tittel: Within-session and between-session reliability of isometric mid-thigh pull and isometric bench press in strength-trained young adults

Publisert i: Frontiers in Sports and Active Living

Dato: 15.05.2022

Forfattere: Joakim Gjengedal Olsbø

kan inngå som del av mastergradsavhandling for

Mastergrad: Idrettsvitenskap

Beskriv kandidatens bidrag:
Kandidaten har gjennomført rekruttering, datainnsamling, statistiske analyser og utforming av artikkel

Dato og sted:

Sogndal, 15.05.2022

Signatur kandidat

Joakim Olsbø

Cover letter

Artikkelen er skrevet for journalen *Frontiers in Sports and Active Living*. Journalen publiserer forskningsartikler som bidrar til økt kunnskap og forståelse av sport, fysisk aktivitet, og trening. Ettersom artikkelen tar for seg måling av styrke, og styrke er en viktig komponent i både fysisk prestasjonsevne og helserelaterte aspekter, er artikkelen av relevans for denne utvalgte journalen.

Within-session and between-session reliability of isometric mid-thigh pull and isometric bench press among strength-trained young adults

Joakim Gjengedal Olsbø[1]

Keywords: Reliability[1], Isometric[2], Mid-thigh pull[3], Benchpress[4], Peak force[5].

Abstract

The purpose of this study was to determine within-session and between-session reliability in isometric mid-thigh pull (IMTP) and isometric bench press (IBP). A total 19 female (n = 3) and male (n = 16) students aged 24.8 ± 3.8 years participated in this study (height in cm = 179.6 ± 7.6, weight in kg = 176.3 ± 8.6, training experience in year = 5.0 ± 2.8). Participants completed three attempts of IMTP (n = 19) and three attempts of IBP (n = 8) in each of three separate sessions. A minimum of 48 hours were given between each session. Force output was measured with a MuscleLab force platform. Peak force (newton) within a five-second-long contraction was used for data analysis. Intraclass correlation coefficient (ICC) with 95% confidence interval and coefficient of variation (CV%) were used when determining reliability. Excellent within-session reliability was observed in all sessions of both IBP and IMTP (ICC ranging from 0.92 – 0.99 and 0.98 – 0.98 respectively). Between-session reliability was demonstrated as excellent for both IBP (ICC = 0.92) and IMTP (ICC = 0.97). CV demonstrated acceptable variability in both within-session analysis (IBP = 3.6% - 9.4%, IMTP = 4.7% - 5.1%) and between-session analysis (IBP = 6.3%, IMTP = 7.5%). The results of this study suggest excellent within-session and between-session reliability in both tests in strength-trained young adults. A low population sample in IBP encourages other studies on isometric bench press with larger samples to further address the reliability of the test.

Introduction

Sprinting, jumping, and change of direction are examples of sport-specific attributes which are suggested to have a strong correlation to muscular strength (1). There is substantial evidence that muscular strength plays a key role to performance in a number of different sports through affecting muscle force-time characteristics (2,3,4,5). Strength training is therefore considered to be a valuable part of an athlete's training protocol and should be incorporated to positively affect performance levels (1,6). Testing for strength is therefore a vital practice in the field of sports. Sports professionals and researchers often practice some form of strength testing to assess change in performance related traits (**Feil! Fant ikke referansekilden.**,8,**Feil! Fant ikke referansekilden.**). Though dynamic 1RM tests have commonly been used as a tool to address this problem, isometric testing have gained popularity in the field (**Feil! Fant ikke referansekilden.**,10). Whereas dynamic testing consists of producing force on an object to affect its position and velocity, isometric testing is performed by producing force against a stationary object (11). It is suggested that isometric testing is less time- and resource demanding in addition to providing a lower risk of injury and fatigue (**Feil! Fant ikke referansekilden.**,**Feil! Fant ikke referansekilden.**,10,11,12,13). Dynamic tests such as 1RM squat and 1RM deadlift require more equipment and take more time to conduct as testing involves loading weights in between warmup and attempts (8,12). In addition, it is suggested that 1RM dynamic tests are accompanied by a few limiting factors such as fatigue. Fatigue can occur as a result of an unknown number of consecutive attempts until failure is reached (10). There is also a risk of underestimating 1RM due to overreaching in terms of loading to heavily and potentially missing a successful attempt at a lower load (10). These limiting factors is theorized not to be as prevailing when performing isometric movements (8,10). Although dynamic testing methods have proven to be a reliable measure for assessing strength (14,15,16), isometric assessing of change in performance-related traits provides options to quantify a series of force-time characteristics such as peak force and rate of force development (16,17). Though there are different force-time curve variables available for analysis when conducting isometric testing, peak force (PF) and rate of force-development (RFD) are suggested to have a strong correlation with weightlifting movements as well as a series of sports-related physical abilities such as jumping and change of direction (16,18).

Commonly, single joint movements such as knee extensions have been widely practiced, but in the 1990s the isometric mid-thigh pull was developed to address force-time characteristics in cleans (9). Since then, many studies have been conducted to assess the validity and reliability of the isometric mid-thigh pull (7,8,9,13,19,20,21). A selection of studies shows within-session as reliable when using peak force to assess reliability (13,19,20,21). Between-session reliability of isometric mid-thigh pull have been demonstrated as good or excellent with intraclass correlation coefficient ranging from 0.89 to 0.99 in different populations. Studies has also been conducted on different angles in hip to determine which angles provides the highest reliability (13,20). A 145° angle in hip demonstrated an intraclass correlation coefficient ranging from 0.98 to 0.99. Studies has also shown variating results in terms of comparing reliability when analyzing with peak force against analyzing with rate of force development (3,13,14,15,16,18,19,21,22). The majority of these studies have found peak force to provide higher reliability than rate of force development. Though isometric mid-thigh pull have been frequently studied, most of the research have been conducted on athletes of different age groups in a variety of sports. Determining reliability of the isometric-mid thigh pull in less researched populations should therefore be encouraged.

While isometric force generation assessment has been frequently researched, most of the research have been focusing on the lower limbs (23,24). Isometric assessment of upper-body strength have not been given the same attention as isometric assessment of lower-body strength. More research should be encouraged to develop the same accurate and reliable measure of upper-body muscular function as it has lower-body muscular function (23,24). Studies addressing upper-body strength have been using different methods and are therefore not comparable, and literature is limited in terms of developing a method of measuring upper-body strength through isometric testing. Different angles in the elbow have been tested and shown to provide variating levels of reliability (25). Observations of different correlations to dynamic performance depending on the angle in the elbow used to conduct isometric assessment of upper-body strength have also been made by Young et al. (25).

This study was conducted primarily to assess within-session and between-session reliability of isometric mid-thigh pull and isometric bench press. Hypothesis formed ahead of the study were: 1. Excellent within-session reliability of isometric mid-thigh pull is demonstrated. 2. Excellent between-session reliability of isometric mid-thigh pull is demonstrated. 3. Excellent within-session reliability of isometric bench press is demonstrated. 4. Excellent between-session reliability of isometric bench press is demonstrated.

Methods

Study design

This study had an experimental design with a test-rest approach to assess the within-session and between-session reliability of isometric bench press and isometric mid-thigh pull. Participants volunteered for three sessions, the first session being a familiarization session to exclude a potential effect of learning (7). Each session consisted of warmup and three attempts of each test. Participants were given a minimum of 48 hours between each session to exclude fatigue as limiting factor of force generation (7).

Subjects

Inclusion criteria of this study were ≥ 1 year experience with strength training, ≥ 18 years of age. Volunteers were excluded from the study if they had illness or injury that could prevent them from performing one or both tests. A total of 28 male (n = 21) and female (n = 7) students with more than 1 year of experience with strength training voluntarily participated in this study, of which 19 completed all three sessions (16 men, 3 women). Five participants withdrew from the study due to covid 19 infections while four were excluded due to missed sessions. Participants were asked not to perform any heavy resistance training for at least 48 hours ahead of sessions. All participants confirmed their voluntary participation by signing a written form ahead of the study. The form contained relevant information about the participants' rights as a volunteer as well as information about the study. The study was approved by NSD (Norwegian Centre for Research Data) before testing was initiated (reference number 389938). Subjects' characteristics are described in table 1.

Procedures

Participants were introduced to protocols in a familiarization session at the start of the study. The familiarization session was also used to assess descriptive variables and determine testing position. Height and weight were measured before warmup using a wall-mounted measuring tape and a seca mechanical weighing scale.

Standardization of testing position in isometric bench press (figure 1a) included a 90° angle in elbow (or as close as the rig allowed), bench placement on force platform, placement of head, shoulders, and backside in contact with bench and a 90° angle in both knee and hip. Placement of bar in rig as well as placement of grip on bar were noted to make angle in elbow reproducible in each attempt. Standardization of testing position in isometric mid-thigh pull (figure 1b) included angles of 145° in hip and 135° in knee or as close as rig allowed (7). Participants were instructed to adjust their stance according to their shoulder width. Position of distal end of hallux and lateral side of feet were noted to make sure angle and position of feet were consistent through all attempts. Grip placement on bar was also noted to make grip width reproducible. During isometric mid-thigh pull participants were given lifting straps to ensure grip strength was not a limiting factor of force production (26,27,28).

Each session consisted of warmup, following three maximal effort attempts of each of the two tests. The sequence of testing was kept identical each session, being warmup isometric bench press, testing isometric bench press, warmup isometric mid-thigh pull, and testing isometric mid-thigh pull in that specific order. Warmup was standardized for all participants and consisted of one set of a dynamic exercise followed by two attempts at 50% and 75% of perceived maximal effort. Between each warmup set participants were given a one-minute pause. Dynamic exercise for isometric bench press was 10 push-ups, while dynamic exercise for isometric mid-thigh pull was 10 squat jumps. Participants were talked through warmup and testing protocols ahead of the first session, and all instructions given during warmup and testing were standardized for each attempt and session. After warmup, participants were given a three-minute pause before testing. All attempts, warmup included, consisted of a five-second-long maximal contraction.

Instructions were given to gradually contract to avoid spikes in the data. In each attempt, participants were instructed to lay/stand still in the testing position until given instruction to start contracting. Instruction to start contracting were given when the force platform was ready. When maximal effort was reached, participants held the contraction while given a countdown from five to zero. When performing isometric bench press, participants were given instructions to keep head, shoulders, and backside in contact with the bench, as well as maintaining angles of knee and hip. When performing isometric mid-thigh pull, participants were instructed to pull upwards without leaning back to maintain testing position throughout the attempt. Between each attempt, participants were given a two-minute pause.

Measure of force was assessed with a MuscleLab force platform, model 2 (Ergo test Technology AS, Langesund, Norway). Software used to treat raw data was MuscleLab v8.27 (Ergo test Technology AS, Langesund, Norway).

Statistical Analysis

A total of 19 male (n = 16) and female (n = 3) participants are included in analysis of isometric mid-thigh pull, while a case of missing data resulted in the inclusion of only 8 male (n = 7) and female (n = 1) participants in isometric bench press. Statistical analysis was performed through SPSS v.28.0.1.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA, 1989-2021). Normality of data was tested and confirmed with Shapiro-Wilk's ($p=0.114$). Within-session- and between-session reliability were both tested with the intraclass correlation coefficient (95% CI) and coefficient of variation. For intraclass correlation coefficient, values of <0.5 were considered poor, 0.5-0.75 were considered moderate, 0.75-0.90 were considered good, and >0.90 were considered excellent reliability (29). Coefficient of variation is presented as percentage and calculated using the formula $CV\,(\%) = 100\,x\,\frac{\sum CVi}{n}$. (30). Acceptable coefficient of variation was determined as <10% (31).

Variable used in analysis is peak force as it is suggested to require less familiarization than other force-time variables in addition to being strongly correlated to performance in a variety of sports (8). Peak force has also been demonstrated to provide a higher reliability than rate of force development (25). Peak force was calculated based on values displayed by graphs in software. Force output while standing/laying still was subtracted from peak force achieved during the five second contraction, resulting in participants peak force production. In analysis of isometric bench press, this subtraction included the bench placed on the platform.

Results

Within-session reliability

Within-session reliability is presented in table 2 along with descriptive statistics of attempts. Excellent within-session reliability was observed in all sessions of isometric mid-thigh pull (session 1 ICC = 0.99, session 2 ICC = 0.98, session 3 ICC = 0.98). Coefficient if variation of isometric mid-thigh were in all attempts demonstrated as acceptable (session 1 CV = 5.1%, session 2 CV = 4.7%, session 3 CV = 4.7%). Analysis of isometric bench press resulted in similar observations with all sessions demonstrating excellent reliability (session 1 ICC = 0.92, session 2 ICC = 0.99, session 3 ICC = 0.99). Coefficient of variation of isometric bench press in session 1 (CV = 9.4%) differed from session 2 and session 3 (3.0% and 3.6%) but were still acceptable. In isometric mid-thigh pull, coefficient of variation ranged from 4.7% to 5.1% and was determined acceptable.

Between-session reliability

Between-session reliability is presented in table 3, in addition to descriptive statistics of each session of the two tests. Intraclass correlation coefficient was observed as excellent in both isometric bench press and isometric mid-thigh pull (0.92 and 0.97 respectively). Coefficient of variation were acceptable in both tests as both demonstrated 7.5%. variance.

Discussion

The purpose of this study was to assess the within-session and between-session reliability of the isometric mid-thigh pull and the isometric bench press in a custom-built rig. Results were in correspondence with hypotheses as both isometric mid-thigh pull and isometric bench press demonstrated excellent within-session and between-session reliability. The intraclass correlation coefficient demonstrated values ranging from 0.98 to 0.98 when analyzing within-session reliability of isometric mid-thigh pull. Within-session reliability of isometric bench press were also demonstrated as excellent, with intraclass correlation coefficient ranging from 0.92 to 0.99. Coefficient of variation demonstrated low variance ranging from 4.7% to 5.1% in isometric mid-thigh pull and 3.6% to 9.4% in isometric bench press.

Measures of peak force in mid-thigh pull demonstrated to be consistent through all attempts within all three sessions (all ICC > 0.9) (30). Compared to earlier studies conducted on the reliability of isometric mid-thigh pull this study provided comparable results. Moeskops et al. conducted a study on reliability of isometric mid-thigh pull in young female athletes aged 6-17 years which resulted in intraclass coefficient ranging from 0.95 – 0.97 (32). Dos'Santos et al. conducted a similar study in another population, male and female collegiate athletes aged 21.7 ± 1.5 years (20). The study examined different angles of hip when performing isometric mid-thigh pull intraclass correlation coefficient of both angles tested was 0.99. In addition to excellent reliability, coefficient of variation also demonstrated acceptable variation between attempts, ranging from 4.7% to 5.1%. This suggest that the procedures and conditions of the isometric mid-thigh pull causes the participant to perform at the same desired effort each attempt within one session. Coefficient of variation in all sessions were observed as similar to earlier studies. Dos'Santos et al. demonstrated coefficient of variation of 2.8% (20), while Moeskops et al. demonstrated coefficients of variation ranging from 5% to 6% (32). Though results of this study corresponds with results from earlier studies, this is to my knowledge the first evidence of high within-session reliability of isometric mid-thigh pull among strength-trained young adults.

Between-session reliability of isometric mid-thigh pull were found to be excellent. Intraclass correlation coefficient were demonstrated as 0.97. This provides evidence that testing procedures are reproducible between session in strength-trained young adults. Coefficient of variation were acceptable in isometric mid-thigh pull between sessions (7.5%) which suggests that participants effort is consistent between all sessions. This further supports the procedures of this study. In comparison to other studies, result are similar to research conducted on the same issue but in different populations (20,22,33). The majority of studies researching the reliability of isometric mid-thigh pull have been conducted on male and female athletes of different ages in a variety of sports (34). This study was conducted on trained adults, and the similarity in results of intraclass correlation coefficient and coefficient of variation may suggest that the reliability of the isometric mid-thigh pull could be generalizable across different populations. It also further approves the procedure of assessing lower-body strength through isometric mid-thigh pull using peak force, as this study combined with earlier studies demonstrates it to be a reliable measurement with low variability.

Results of this study demonstrated excellent within-session reliability in all sessions of isometric bench press, with intraclass correlation coefficient ranging from 0.92 to 0.99. To my knowledge, there are no studies on within-session reliability in isometric bench press. Some other studies have been conducted on reliability of different isometric tests of upper-body strength (24,25,33). Within-session reliability of these tests have demonstrated to be excellent as well (24,25,33), but due to differences in methodology they are not comparable with this study. In addition to intraclass correlation coefficient demonstrating high reliability, coefficient of variation (3.6% - 9.4%) provides evidence of acceptable consistency in effort between attempts. These observations combined suggests that the method can potentially be feasible in assessment of upper-body strength, but a low sample size weakens the results. Also, coefficient of variation in session 1 (CV = 9.4%) being considerably higher than in session 2 (CV = 3.0%) and session 3 (CV = 3.6%) suggests some familiarization is needed when assessing upper-body strength with the isometric bench press.

As demonstrated in this study, the intraclass correlation coefficient of 0.92 provides evidence of excellent between-session reliability. Coefficient of variation at 7.5% suggests acceptable variations in peak force between sessions, indicating that procedures provide the participants with condition to reproduce the effort between each session. Between-session reliability in isometric bench press has to my knowledge only been addressed once before this study. Young et al. conducted a study on different angles in elbow during isometric bench press and the reliability of each angle performed (25). Reliability demonstrated when using a 90° angle in the elbow and peak force was an intraclass correlation coefficient of 0.89 (25). Even though the result of their study corresponds to a good reliability and not excellent as in this study, the difference between results is small. Coefficient of variation observed in the study conducted by Young et al. were lower (1.6% with 90° in elbow) (25).

The between-session coefficient of variation in isometric bench press of this study was demonstrated at 7.5%, which is higher but still acceptable. As methods were similar, the most probable cause of the difference in coefficient of variation is the sample size. Young et al. conducted their study with 24 male participants, while this study only included 7 male and 1 female participant. Single cases of high variation will have impact on means,

Limitations

The low sample of participants included in analysis of isometric bench press compromises the strength of the results. It is therefore suggested that further the reliability of isometric bench press is further investigated to support the results of this study. Also, participants included in analysis of both isometric bench press and isometric mid-thigh pull could have been higher if not for dropouts. Although this is to be expected in most cases, one of the reasons of participants dropping out was an increase in cases of covid 19 infections in the relevant geographical area. Had the study been conducted at a time with lower incidence of covid 19, it is possible the number of participants completing all sessions had been higher, which would have positively affected the strength of the results.

In addition to the number of participants included in analysis of isometric bench press reliability, the number of female participants included in both tests is too low to be generalizable to the rest of the population.

As isometric assessment of strength provides other variables than peak force such as rate of force development and impulse, it is unclear if peak force is the most reliable variable. Both rate of force development and impulse has demonstrated great correlations in other populations (7,8,9,10). There is evidence that analyzing various aspects of force generation when exploring the reliability of isometric strength tests can provide various levels of reliability (9,10,14,15). Therefore, the result might have been shifted if another variable than peak forced was selected for statistical analysis. In future studies it is suggested to compare peak force with rate of force development, especially in isometric bench press as literature is limited on the issue.

Conclusion

The importance of assessing change in force-time characteristics to determine the effect of training has been demonstrated through past research (1,2,3,4,5,6,8,9,11). Therefore, it makes sense to develop less invasive assessment methods of force-time characteristics (1,2,3,4,5,6,8,9,11). This study contributes by providing support to the belief that isometric assessing of force-time characteristics is a reliable method to be practiced by sports-professionals. Peak force is suggested to be a reliable measurement in both isometric mid-thigh pull and isometric bench press in strength-trained young adults.

Compared to what other studies have suggested in terms of reliability of an upper-body isometric strength test (23,34), results of this study suggests that the isometric bench press could potentially be a feasible option due to high within-session and between-session reliability. It is nevertheless recommended to further investigate the reliability of the isometric bench press considering the low sample in this study combined with the lack of research conducted on the issue. Exploring the isometric bench press' potential relationship to dynamic performance is also encouraged, as literature revolving this form of isometric testing is limited and this study only evaluated its reliability. The isometric bench press could potentially be a useful tool mimicking movements similar to the dynamic bench press and to address levels of upper body strength. Young et al. supports this through the results of their study on the isometric bench press (25). Results of this study also further supports usage of the IMTP to assess lower body strength and changes force generating traits due to its high within-session and between-session reliability. In strength-trained trained young adults, the isometric mid-thigh pull has demonstrated to be highly reliable with acceptable variation in terms of both within-session reliability and between-session reliability.

References

1. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, *46*(10), 1419-1449.
2. Asci, A., & Açikada, C. (2007). Power production among different sports with similar maximum strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *21*(1), 10-16.
3. Stone, M. H., Sands, W. A., Carlock, J. O. N., Callan, S. A. M., Dickie, D. E. S., Daigle, K., ... & Hartman, M. (2004). The importance of isometric maximum strength and peak rate-of-force development in sprint cycling. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(4), 878-884.
4. Sunde, A., Støren, Ø., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J., & Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(8), 2157-2165.
5. Stone, M. H., Sands, W. A., Pierce, K. C., Carlock, J. O. N., Cardinale, M., & Newton, R. U. (2005). Relationship of maximum strength to weightlifting performance. *Med Sci Sports Exerc*, *37*(6), 1037-1043.

6. Stone, M. H., Moir, G., Glaister, M., & Sanders, R. (2002). How much strength is necessary?. *Physical Therapy in Sport*, *3*(2), 88-96.
7. Comfort, P., Dos' Santos, T., Beckham, G. K., Stone, M. H., Guppy, S. N., & Haff, G. G. (2019). Standardization and methodological considerations for the isometric midthigh pull. *Strength & Conditioning Journal*, *41*(2), 57-79.
8. Guppy, S. N., Brady, C., Comfort, P., & Haff, G. G. (2018). The Isometric Mid-Thigh Pull: A Review & Methodology-Part 1.
9. Grgic, J., Scapec, B., Mikulic, P., & Pedisic, Z. (2021). Test-retest reliability of isometric mid-thigh pull maximum strength assessment: a systematic review. *Biology of Sport*, *39*(2), 407-414.
10. Stone, M. H., O'Bryant, H., Hornsby, G., Cunanan, A., Mizuguchi, S., Suarez, D., ... & Pierce, K. (2019). The use of the isometric mid-thigh pull in the monitoring of weightlifters: 25+ years of experience. *UKSCA Journal: Professional Strength and Conditioning*.
11. Winter, E. M., Jones, A. M., Davison, R. R., Bromley, P. D., & Mercer, T. H. (Eds.). (2007). *Sport and exercise physiology testing guidelines: volume II–Sport testing: the British association of sport and exercise sciences guide*. Routledge.
12. Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., McMahon, J. J., & Jones, P. A. (2017). Relationships between isometric force-time characteristics and dynamic performance. *Sports*, *5*(3), 68.
13. De Witt, J. K., English, K. L., Crowell, J. B., Kalogera, K. L., Guilliams, M. E., Nieschwitz, B. E., ... & Ploutz-Snyder, L. L. (2018). Isometric midthigh pull reliability and relationship to deadlift one repetition maximum. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(2), 528-533.
14. Haff, G. G., Stone, M., O'Bryant, H. S., Harman, E., Dinah, C., Johnson, R., & Han, K. H. (1997). Force-time dependent characteristics of dynamic and isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *11*, 269-272.
15. Haff, G. G., Carlock, J. M., Hartman, M. J., & Kilgore, J. L. (2005). Force-time curve characteristics of dynamic and isometric muscle actions of elite women olympic weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *19*(4), 741.
16. Kawamori, N., Rossi, S. J., Justice, B. D., Haff, E. E., Pistilli, E. E., O'BRYANT, H. S., ... & Haff, G. G. (2006). Peak force and rate of force development during isometric and dynamic mid-thigh clean pulls performed at various intensities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *20*(3), 483-491.
17. Dos' Santos, T., Jones, P. A., Comfort, P., & Thomas, C. (2017). Effect of different onset thresholds on isometric midthigh pull force-time variables. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(12), 3463-3473.
18. Stone, M. H., Sanborn, K. I. M., O'BRYANT, H. S., Hartman, M., Stone, M. E., Proulx, C., ... & Hruby, J. (2003). Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *17*(4), 739-745.
19. Dos' Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., McMahon, J. J., Jones, P. A., Oakley, N. P., & Young, A. L. (2018). Between-session reliability of isometric midthigh pull kinetics and maximal power clean performance in male youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(12), 3364-3372.
20. Dos' Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A., McMahon, J. J., & Comfort, P. (2017). The effect of hip joint angle on isometric midthigh pull kinetics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(10), 2748-2757.
21. Comfort, P., Jones, P., McMahon, J. J., & Newton, R. (2015). Effect of Knee and Trunk Angle on Kinetic Variables During the Isometric Midthigh Pull: Test–Retest Reliability. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, *10*(1).

22. Thomas, C., Comfort, P., Chiang, C. Y., & Jones, P. A. (2015). Relationship between isometric mid-thigh pull variables and sprint and change of direction performance in collegiate athletes. *Journal of trainology*, *4*(1), 6-10.
23. Bellar, D., Marcus, L., & Judge, L. W. (2015). Validation and reliability of a novel test of upper body isometric strength. *Journal of Human Kinetics*, *47*, 189.
24. Murphy, A. J., Wilson, G., Pryor, J. F., & Newton, R. U. (1995). Isometric Assessment of Muscular Function: The Effect of Joint Angle. *Journal of Applied Biomechanics*, *11*(2).
25. Young, K. P., Haff, G. G., Newton, R. U., & Sheppard, J. M. (2014). Reliability of a novel testing protocol to assess upper-body strength qualities in elite athletes. *International journal of sports physiology and performance*, *9*(5), 871-875.
26. Coswig, V. S., Freitas, D. F. M., Gentil, P., Fukuda, D. H., & Del Vecchio, F. B. (2015). Kinematics and kinetics of multiple sets using lifting straps during deadlift training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(12), 3399-3404.
27. Jukic, I., García-Ramos, A., Baláš, J., Malecek, J., Omcirk, D., & Tufano, J. J. (2021). Ergogenic effects of lifting straps on movement velocity, grip strength, perceived exertion and grip security during the deadlift exercise. *Physiology & behavior*, *229*, 113283.
28. Jukic, I., García-Ramos, A., Malecek, J., Omcirk, D., & Tufano, J. J. (2020). The use of lifting straps alters the entire load-velocity profile during the deadlift exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *34*(12), 3331-3337.
29. Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine*, *15*(2), 155-163. DOI: 10.1016/j.jcm.2016.02.012
30. Shechtman, O. (2013). The coefficient of variation as an index of measurement reliability. In *Methods of clinical epidemiology* (pp. 39-49). Springer, Berlin, Heidelberg. DOI:10.1007/978-3-642-37131-8_4
31. Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, *30*(1), 1-15.
32. Moeskops, S., Oliver, J. L., Read, P. J., Cronin, J. B., Myer, G. D., Haff, G. G., & Lloyd, R. S. (2018). Within-and between-session reliability of the isometric mid-thigh pull in young female athletes. *Journal of strength and conditioning research*, *32*(7), 1892.
33. Ashworth, B., Hogben, P., Singh, N., Tulloch, L., & Cohen, D. D. (2018). The Athletic Shoulder (ASH) test: reliability of a novel upper body isometric strength test in elite rugby players. *BMJ open sport & exercise medicine*, *4*(1), e000365.
34. Brady, C. J., Harrison, A. J., & Comyns, T. M. (2018). A review of the reliability of biomechanical variables produced during the isometric mid-thigh pull and isometric squat and the reporting of normative data. *Sports biomechanics*.

Tables

Table 1. Characteristics of subjects

Age (years)	Height (cm)	Bodyweight (kg)	Training Experience (years)
24.8 ± 3.8	179.6 ± 7.6	176.3 ± 8.6 cm	5.0 ± 2.8

Mean ± standard deviation

Table 2. Descriptive statistics of each attempt within the three different sessions in addition to within-session reliability of IBP and IMTP.

	Mean (N) ± SD			ICC (95%CI)	CV (%)
	A1	A2	A3		
Session 1					
IBP	723 ± 219	673 ± 167	698 ± 162	0.92 [0.75 - 0.98]	9.4%
IMTP	2080 ± 626	2079 ± 616	2111 ± 662	0.98 [0.97 - 0.99]	5.1%
Session 2					
IBP	759 ± 157	754 ± 146	745 ± 201	0.99 [0.97 - 1.00]	3.0%
IMTP	2107 ± 629	2042 ± 602	2100 ± 650	0.98 [0.97 - 0.99]	4.7%
Session 3					
IBP	728 ± 167	731 ± 169	696 ± 161	0.99 [0.98 - 1.00]	3.6%
IMTP	2122 ± 676	2124 ± 605	2115 ± 598	0.98 [0.97 - 0.99]	4.7%

Mean ± standard deviation (SD) presented in newton (N). IBP (isometric bench press), IMTP (isometric mid-thigh pull), ICC (Intraclass correlation coefficient [lower – upper]), CI (confidence intervals), A1 (attempt 1), A2 (attempt 2), A3 (attempt 3).

Table 3. Descriptive statistics of each session in addition to between-session reliability of IBP and IMTP.

	Mean (N) ± SD			ICC (95%CI)	CV (%)
	S1	S2	S3		
IBP	700 ± 172	753 ± 153	718 ± 165	0.92 [0.75 - 0.98]	7.5%
IMTP	2090 ± 627	2083 ± 619	2121 ± 619	0.977 [0.95 - 0.99]	7.5%

Mean ± standard deviation (SD) presented in newton (N). IBP (isometric bench press), IMTP (isometric mid-thigh pull), ICC (Intraclass correlation coefficient [lower – upper]), CI (confidence intervals), S1 (session 1), S2 (session 2), S3 (session 3). Mean values presented is a calculated mean of all three attempts within each session.

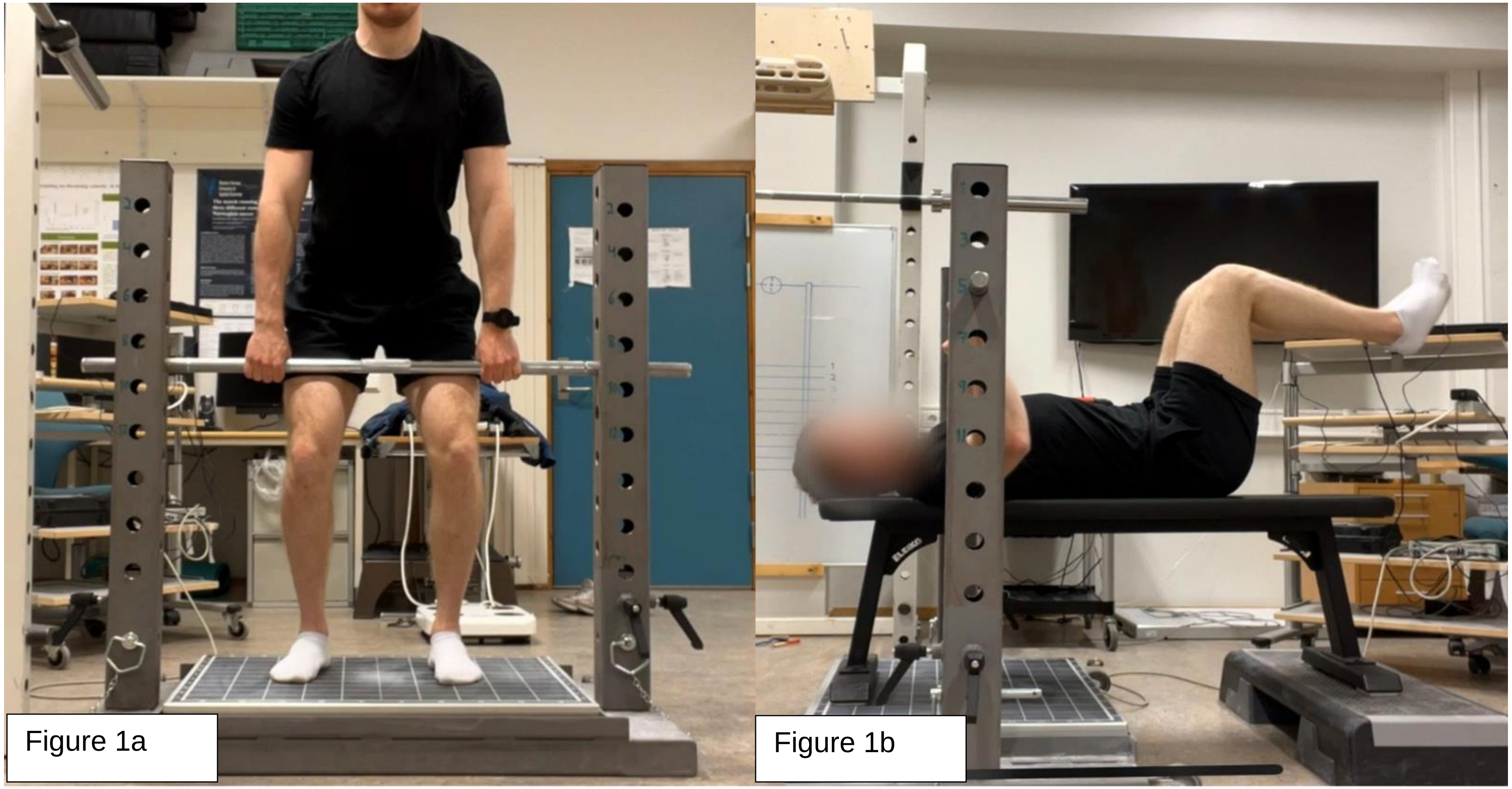


Figure 1 a and b showing testing positions of isometric mid-thigh pull (a) and isometric bench press (b)

LOGIN REGISTER

(https://www.frontiersin.org)

frontie

Retningslinjer til journal

(HTTPS://WWW.FRONTIERSIN.ORG/PEOPLE/LOGIN) / (HTTPS://WWW.FRONTIERS

(https://www.frontiersin.org)

Manuscript Formatting Guidelines

1. General standards

1.1. Article Type

Frontiers requires authors to carefully select the appropriate article type for their manuscript and to comply with the article type descriptions de ned in the journal's "Article Types" page, which can be seen from the "For Authors" menu on any Frontiers journal page. Please pay close attention to the word count limits.

1.2. Templates

If working with Word please use our Frontiers Word templates

(https://www.frontiersin.org/Design/zip/Frontiers_Word_T If you wish to submit your article as LaTeX, we recommend our Frontiers LaTeX templates

(https://www.frontiersin.org/design/zip/Frontiers_LaTeX_T

For LaTeX les, please ensure all relevant manuscript les are uploaded: .tex le, PDF, and .bib le (if the bibliography is not already included in the .tex le).

During the Interactive Review

(https://www.frontiersin.org/about/how-to-peer-review), authors are encouraged to upload versions using "Track Changes." Editors and reviewers can only download the PDF le of the submitted manuscript.

1.3. Manuscript Length

Frontiers encourages the authors to closely follow the article word count lengths given in the "Article Types" page of the journals. The manuscript length includes only the main body of the text, footnotes, and all citations within it, and excludes the abstract, section titles, gure and table captions, funding statement, acknowledgments, and references in the bibliography. Please indicate the number of words and the number of gures and tables included in your manuscript on the rst page.

1.4. Language Editing

Frontiers requires manuscripts submitted to meet international English language standards to be considered for publication.

For authors who would like their manuscript to receive language editing or proofreading to improve the clarity of the manuscript and help highlight their research, Frontiers recommends the language-editing services provided by the following external partners:

Editage

Frontiers is pleased to recommend the languageediting service provided by our external partner Editage to authors who believe their manuscripts would bene t from professional editing. These services may be particularly useful for researchers for whom English is not the primary language. They can help to improve the grammar, syntax, and ow of your manuscript prior to submission. Frontiers

 authors will receive a 10% discount by visiting the following link: https://editage.com/frontiers/ (https://editage.com/frontiers/).

The Charlesworth Group

Frontiers recommends the Charlesworth Group's

 author services, who has a long-standing track record in language editing and proofreading. This is a thirdparty service for which Frontiers authors will receive a 10% discount by visiting the following link:

https://www.cwauthors.com/frontiers/

(https://www.cwauthors.com/frontiers/).

Frontiers推荐您使用在英语语言编辑和校对领域具有悠久历史和良好口碑的查尔斯沃思作者服务。此项服务由第三方为您提供，Frontiers中国作者通过此链接提交稿件时可获得10%的特别优惠:
www.cwauthors.com.cn/frontiers/
(https://www.cwauthors.com.cn/frontiers/). Note that sending your manuscript for language editing does not imply or guarantee that it will be accepted for publication by a Frontiers journal. Editorial decisions on the scienti c content of a manuscript are independent of whether it has received language editing or proofreading by the partner services, or other services.

1.5. Language Style

The default language style at Frontiers is American

English. If you prefer your article to be formatted in British English, please specify this on the rst page of your manuscript. For any

LOGIN (HTT O

(https://www.frontiersin.org)

frontie questions regarding style, Frontiers recommends authors to consult the Chicago Manual of Style.

1.6. Search Engine Optimization (SEO)

There are a few simple ways to maximize your article's

PS://WWW.FRONTIERSIN.ORG/PEOPLE/LOGIN) / REGISTER (HTTPS://WWW.FRONTIERSIN.

discoverability. Follow the steps below to improve search results of your article:

- include a few of your article's keywords in the title of the article;
- do not use long article titles;

(https://www.frontiersin.org)

- pick 5 to 8 keywords using a mix of generic and more speci c terms on the article subject(s);
- use the maximum amount of keywords in the rst 2 sentences of the abstract;
- use some of the keywords in level 1 headings.

1.7. CrossMark Policy

CrossMark

(https://www.crossref.org/crossmark/index.html) is a multi-publisher initiative to provide a standard way for readers to locate the current version of a piece of content. By applying the CrossMark logo Frontiers is committed to maintaining the content it publishes and to alerting readers to changes if and when they occur. Clicking on the CrossMark logo will tell you the current status of a document and may also give you additional publication record information about the document.

1.8. Title

The title should be concise, omitting terms that are implicit and, where possible, be a statement of the main result or conclusion presented in the manuscript.

Abbreviations should be avoided within the title.

Witty or creative titles are welcome, but only if relevant and within measure. Consider if a title meant to be thought-provoking might be misinterpreted as o ensive or alarming. In extreme cases, the editorial o ce may veto

a title and propose an alternative.

Authors should try to avoid, if possible:

- titles that are a mere question without giving the answer;

- unambitious titles, for example starting with "Towards," "A description of," "A characterization of," "Preliminary study on;"
- vague titles, for example starting with "Role of…," "Link between…," "E ect of..." that do not specify the role, link, or e ect;
- include terms that are out of place, for example the taxonomic a liation apart from species name.

For Corrigenda, General Commentaries, and Editorials, the title of your manuscript should have the following format:

- "Corrigendum: Title of Original Article"
- General Commentaries
  - "Commentary: Title of Original Article"
  - "Response: Commentary: Title of Original Article"

- "Editorial: Title of Research Topic"

The running title should be a maximum of 5 words in length.

1.9. Authors and A liations

All names are listed together and separated by commas. Provide exact and correct author names as these will be indexed in o cial archives. A liations should be keyed to the author's name with superscript numbers and be listed as follows: Laboratory, Institute, Department,

Organization, City, State abbreviation (only for United

States, Canada, and Australia), and Country (without

detailed address information such as city zip codes or street names).

Example: Max Maximus[1]

[1] Department of Excellence, International University of

Science, New York, NY, United States.

Correspondence:

The Corresponding Author(s) should be marked with an asterisk in the author list. Provide the exact contact email address of the corresponding author(s) in a separate section.

Example: Max Maximus maximus@iuscience.edu

If any authors wish to include a change of address, list the present address(es) below the correspondence details using a unique superscript symbol keyed to the author(s) in the author list.

Equal contributions:

The authors who have contributed equally should be marked with a symbol (†) in the author list of the doc/latex and pdf les of the manuscript uploaded at submission.

Standard statements to include in the author list:

Equal contribution	These authors have contributed equally to this work
First authorship	These authors share first authorship
Senior authorship	These authors share senior authorship
Last authorship	These authors share last authorship
Equal contribution & First authorship	These authors have contributed equally to this work and share first authorship
Equal contribution & Senior authorship	These authors have contributed equally to this work and share senior authorship
Equal contribution & Last authorship	These authors have contributed equally to this work and share last authorship

Example: Max Maximus 1†, John Smith2† and Barbara

Smith1

†These authors have contributed equally to this work and share rst authorship

1.10. Consortium/Group and Collaborative Authors

Consortium/group authorship should be listed in the manuscript with the other author(s).

In cases where authorship is retained by the consortium/group, the consortium/group should be listed as an author separated by "," or "and,". The consortium/group name will appear in the author list, in the citation, and in the copyright. If provided, the consortium/group members will be listed in a separate section at the end of the article.

For the collaborators of the consortium/group to be indexed in PubMed, they do not have to be inserted in the Frontiers submission system individually. However, in the manuscript itself, provide a section with the name of the consortium/group as the heading followed by the list of collaborators, so they can be tagged accordingly and indexed properly.

> Example: John Smith, Barbara Smith and The Collaborative Working Group.

In cases where work is presented by the author(s) on behalf of a consortium/group, it should be included in the author list separated with the wording "for" or "on behalf of." The consortium/group will not retain authorship and will only appear in the author list.

> Example: John Smith and Barbara Smith on behalf of The Collaborative Working Group.

1.11. Abstract

As a primary goal, the abstract should render the general signi cance and conceptual advance of the work clearly accessible to a broad readership. In the abstract, minimize the use of abbreviations and do not cite references, gures or tables.

For Clinical Trial articles, please include the Unique Identi er and the URL of the publicly accessible website on which the trial is registered.

1.12. Keywords

All article types require a minimum of 5 and a maximum of 8 keywords.

1.13. Text

The entire document should be single-spaced and must contain page and line numbers in order to facilitate the review process. The manuscript should be written using either Word or LaTeX. For templates, see 1.2. Templates.

1.14. Nomenclature

- The use of abbreviations should be kept to a minimum. Non-standard abbreviations should be avoided unless they appear at least four times, and de ned upon rst use in the main text. Consider also giving a list of non-standard abbreviations at the end, immediately before the Acknowledgments.
- Equations should be inserted in editable format from the equation editor.
- Italicize gene symbols and use the approved gene nomenclature where it is available. For human genes, please refer to the HUGO Gene Nomenclature Committee (HGNC (https://www.genenames.org/)). New gene symbols should be submitted here

  (https://www.genenames.org/cgi-bin/request). Common alternative gene aliases may also be reported, but should not be used alone in place of the HGNC symbol. Nomenclature committees

for other species are listed here (https://www.genenames.org/help/faq/#!/#tocAn 1-1-8). Protein products are not italicized.

- We encourage the use of Standard International Units in all manuscripts.

(https://www.frontiersin.org)

- Chemical compounds and biomolecules should be referred to using systematic nomenclature, preferably using the recommendations by IUPAC.
- Astronomical objects should be referred to using the nomenclature given by the International Astronomical Union provided here (http://cdsweb.u-strasbg.fr/Dic/how.htx).
- Life Science Identi ers (LSIDs) for ZOOBANK registered names or nomenclatural acts should be listed in the manuscript before the keywords. An LSID is represented as a uniform resource name (URN) with the following format: urn:lsid:

  <Authority>:<Namespace>:<ObjectID>[:

  <Version>]

For more information on LSIDs please see the Code (https://www.frontiersin.org/about/policies-andpublication-ethics#Code) section.

1.15. Sections

The manuscript is organized by headings and subheadings. The section headings should be those appropriate for your eld and the frontie research itself. You may insert up to 5 heading levels into your manuscript (i.e.,:

3.2.2.1.2 Heading Title).

For Original Research articles, it is recommended to organize your manuscript in the following sections or their equivalents for your eld:

INTRODUCTION

Succinct, with no subheadings.

MATERIALS AND METHODS

This section may be divided by subheadings and should contain su cient detail so that when read in conjunction with cited references, all procedures can be repeated. For experiments reporting results on

 animal or human subject research, an ethics approval statement should be included in this section (for further information, see the Bioethics

(https://www.frontiersin.org/about/policies-andpublication-ethics#Bioethics) section.)

RESULTS

This section may be divided by subheadings.

Footnotes should not be used and must be transferred to the main text.

DISCUSSION

This section may be divided by subheadings. Discussions should cover the key ndings of the study: discuss any prior research related to the subject to place the novelty of the discovery in the appropriate context, discuss the potential shortcomings and limitations on their interpretations, discuss their integration into the current understanding of the problem and how this advances the current views, speculate on the future direction of the research, and freely postulate theories that could be tested in the future.

LOGIN (HTT O

(https://www.frontiersin.org)

For further information, please check the descriptions de ned in the journal’s "Article Types" page, which can be seen from the "For Authors" menu on any Frontiers journal page.

1.16. Acknowledgments

This is a short text to acknowledge the contributions of PS://WWW.FRONTIERSIN.ORG/PEOPLE/LOGIN) / REGISTER (HTTPS://WWW.FRONTIERSIN. speci c colleagues, institutions, or agencies that aided the e orts of the authors. Should the content of the manuscript have previously appeared online, such as in a thesis or preprint, this should be mentioned here, in addition to listing the source within the reference list.

(https://www.frontiersin.org)

1.17. Contribution to the Field Statement

When you submit your manuscript, you will be required to brie y summarize in 200 words your manuscript’s contribution to, and position in, the existing literature in your eld. This should be written avoiding any technical language or non-standard acronyms. The aim should be to convey the meaning and importance of this research to a non-expert. While Frontiers evaluates articles using objective criteria, rather than impact or novelty, your statement should frame the question(s) you have addressed in your work in the context of the current body of knowledge, providing evidence that the ndings— whether positive or negative—contribute to progress in your research discipline. This will assist the Chief Editors to determine whether your manuscript ts within the scope of a specialty as de ned in its mission statement; a detailed statement will also facilitate the identi cation of the editors and reviewers most appropriate to evaluate your work, ultimately expediting your manuscript's initial consideration.

> Example Statement on: Markram K and Markram H (2010) The Intense World Theory – a unifying theory of the neurobiology of autism. Front. Hum. Neurosci.

4:224. doi: 10.3389/fnhum.2010.00224

Autism spectrum disorders are a group of neurodevelopmental disorders that a ect up to 1 in 100 individuals. People with autism display an array of symptoms encompassing emotional processing, sociability, perception and memory, and present as

uniquely as the individual. No theory has suggested a single underlying neuropathology to account for these diverse symptoms. The Intense World Theory, proposed here, describes a unifying pathology producing the wide spectrum of manifestations

observed in autists. This theory focuses on the neocortex, fundamental for higher cognitive functions, and the limbic system, key for processing emotions and social signals. Drawing on discoveries in animal models and neuroimaging studies in individuals with autism, we propose how a combination of genetics, toxin exposure and/or environmental stress could produce hyper-reactivity and hyper-plasticity in the microcircuits involved with perception, attention, memory and emotionality. These hyper-functioning circuits will eventually come to dominate their neighbors, leading to hypersensitivity to incoming stimuli, over-specialization in tasks and a hyper-preference syndrome. We make the case that this theory of enhanced brain function in autism explains many of the varied past results and resolves con icting ndings and views and makes some testable experimental predictions.

2. Figure and Table Guidelines 2.1. CC-BY Licence

All gures, tables, and images will be published under a

Creative Commons CC-BY licence (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), and permission must be obtained for use of copyrighted material from other

sources (including republished/adapted/modi ed/partial gures and images
from the internet). It is the responsibility of the authors to

acquire the licenses, follow any citation instructions

requested by third-party rights holders, and cover any supplementary charges.

For additional information, please see the Image

Manipulation (https://www.frontiersin.org/about/policies and-publication-ethics#ImageManipulation) section.

2.2. Figure Requirements and Style Guidelines

- Frontiers requires gures to be submitted individually, in the same order as they are referred to in the manuscript; the gures will then be automatically embedded at the end of the submitted manuscript. Kindly ensure that each gure is mentioned in the text and in numerical order.
- For gures with more than one panel, panels should be clearly indicated using labels (A), (B), (C), (D), etc. However, do not embed the part labels over any part of the image, these labels will be replaced during typesetting according to Frontiers' journal style. For graphs, there must be a self-explanatory label (including units) along each axis.
- For LaTeX les, gures should be included in the provided PDF. In case of acceptance, our Production O ce might require high-resolution les of the gures included in the manuscript in EPS, JPEG or TIF/TIFF format.
- In order to be able to upload more than one gure at a time, save the gures (labeled in order of appearance in the manuscript) in a zip le and upload them as 'Supplementary Material

frontie Presentation.'
Please note that gures not in accordance with the

guidelines will cause substantial delay during the production process.

2.2.1. Captions

Captions should be preceded by the appropriate label, for

g) example "Figure 1." Figure captions should be placed at the end of the manuscript. Figure panels are referred to by bold capital letters in brackets: (A), (B), (C), (D), etc.

2.2.2. Image Size and Resolution Requirements

Figures should be prepared with the PDF layout in mind. Individual gures should not be longer than one page and with a width that corresponds to 1 column (85 mm) or 2 columns (180 mm).

All images must have a resolution of 300 dpi at nal size.

Check the resolution of your gure by enlarging it to 150%. If the image appears blurry, jagged or has a stair-stepped e ect, the resolution is too low.

- The text should be legible and of high quality. The smallest visible text should be no less than 8 points in height when viewed at actual size.
- Solid lines should not be broken up. Any lines in the graphic should be no smaller than 2 points wide.

Please note that saving a gure directly as an image le

(JPEG, TIF) can greatly a ect the resolution of your image. To avoid this, one option is to export the le as PDF, then convert into TIFF or EPS using a graphics software.

2.2.3. Format and Color Image Mode

LOGIN (HTT O

(https://www.frontiersin.org)

- The following formats are accepted: TIF/TIFF (.tif/.ti), JPEG (.jpg), and EPS (.eps) (upon acceptance).
- Images must be submitted in the color mode

PS://WWW.FRONTIERSIN.ORG/PEOPLE/LOGIN) / REGISTER (HTTPS://WWW.FRONTIERSIN.

RGB.

2.2.4. Chemical Structures

Chemical structures should be prepared using ChemDraw or a similar program. If working with ChemDraw please

g) use our Frontiers ChemDraw template

(https://www.frontiersin.org/ les/zip/FrontChemTemplate If working with another program please follow the guidelines given below:

- Drawing settings: chain angle, 120° bond spacing, 18% width; xed length, 14.4 pt; bold width, 2.0 pt; line width, 0.6 pt; margin width, 1.6 pt; hash spacing, 2.5 pt. Scale 100% Atom Label settings: font, Arial; size, 8 pt.
- Assign all chemical compounds a bold, Arabic numeral in the order in which the compounds are presented in the manuscript text.

2.3. Table Requirements and Style Guidelines

- Tables should be inserted at the end of the manuscript in an editable format. If you use a word processor, build your table in Word. If you use a LaTeX processor, build your table in LaTeX. An empty line should be left before and after the table.
- Table captions must be placed immediately before the table. Captions should be preceded by the appropriate label, for example "Table 1." Please use only a single paragraph for the caption.

frontie

- Kindly ensure that each table is mentioned in the text and in numerical order.
- Please note that large tables covering several

pages cannot be included in the nal PDF for formatting reasons. These tables will be published as supplementary material.

Please note that tables which are not according to the guidelines will cause substantial delay during the production process.

2.4. **Accessibility**

Frontiers encourages authors to make the gures and visual elements of their articles accessible for the visually impaired. An e ective use of color can help people with low visual acuity, or color blindness, understand all the content of an article.

These guidelines are easy to implement and are in accordance with the W3C Web Content Accessibility

Guidelines (WCAG 2.1)

(https://www.w3.org/TR/WCAG21/), the standard for web accessibility best practices.

A. Ensure su cient contrast between text and its background

People who have low visual acuity or color blindness could nd it di cult to read text with low contrast background color. Try using colors that provide maximum contrast.

WC3 recommends the following contrast ratio levels:

- Level AA, contrast ratio of at least 4.5:1
- Level AAA, contrast ratio of at least 7:1

Level AA Contrast ratio 4.6:1	Level AA Contrast ratio 9.5:1

You can verify the contrast ratio of your palette with these online ratio checkers:

- WebAIM (https://webaim.org/resources/contrastchecker/)
- Color Safe (http://colorsafe.co/)

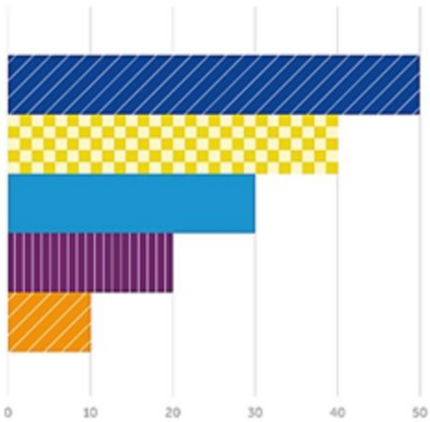
(https://www.frontiersin.org)

B. Avoid using red or green indicators

More than 99% of color-blind people have a red-green color vision de ciency.

C. Avoid using only color to communicate information

Elements with complex information like charts and graphs can be hard to read when only color is used to distinguish the data. Try to use other visual aspects to communicate information, such as shape, labels, and size. Incorporating patterns into the shape lls also make di erences clearer; for an example please see below:



3. **Supplementary** Material

Data that are not of primary importance to the text, or which cannot be included in the article because they are too large or the current format does not permit it (such as videos, raw data traces, powerpoint presentations, etc.), can be uploaded as Supplementary Material during the submission procedure and will be displayed along with

LOGIN (HTT O

(https://www.frontiersin.org)

PS://WWW.FRONTIERSIN.ORG/PEOPLE/LOGIN) / REGISTER (HTTPS://WWW.FRONTIERSIN.

the published article. All supplementary les are deposited to Figshare for permanent storage and receive a DOI.

Supplementary Material is not typeset, so please ensure that all information is clearly presented without tracked changes/highlighted text/line numbers, and the

(https://www.frontiersin.org) appropriate caption is included in the le. To avoid discrepancies between the published article and the supplementary material, please do not add the title, author list, a liations or correspondence in the supplementary les.

The Supplementary Material can be uploaded as Data

Sheet (Word, Excel, CSV, CDX, FASTA, PDF or Zip les),

Presentation (PowerPoint, PDF or Zip les), Image (CDX, EPS, JPEG, PDF, PNG or TIF/TIFF), Table (Word, Excel, CSV or PDF), Audio (MP3, WAV or WMA) or Video (AVI, DIVX, FLV, MOV, MP4, MPEG, MPG or WMV).

Technical requirements for Supplementary Images:

- 300 DPIs
- RGB color mode

For Supplementary Material templates (LaTeX and Word), see our Supplementary Material templates

(https://www.frontiersin.org/design/zip/Frontiers_Supplem

4. **References**

Frontiers journals use one of two reference styles, either Harvard (Author-Date) or Vancouver (Numbered). Please check this page (https://zendesk.frontiersin.org/hc/enus/articles/360017860337-Frontiers-Reference-Styles-byJournal) to nd the correct style for your target journal.

frontie

- All citations in the text, gures or tables must be in the reference list and vice-versa.
- The names of the rst six authors followed by et

 al. and the DOI (when available) should be provided.

- Given names of authors should be abbreviated to initials (e.g., Smith, J., Lewis, C.S., etc.)
- The reference list should only include articles

 that are published or accepted.

- Unpublished data, submitted manuscripts or personal communications should be cited within the text only, for the article types that allow such inclusions.
- For accepted but unpublished works use "in press" instead of page numbers.
- Data sets that have been deposited to an online repository should be included in the reference list. Include the version and unique identi er when available.
- Personal communications should be documented by a letter of permission.
- Website URLs should be included as footnotes.
- Any inclusion of verbatim text must be contained in quotation marks and clearly reference the original source.
- Preprints can be cited as long as a DOI or archive URL is available, and the citation clearly mentions that the contribution is a preprint. If a peer-reviewed journal publication for the same preprint exists, the o cial journal publication is the preferred source. See the Preprints

  (https://www.frontiersin.org/about/policies-andpublication-ethics#Preprints) section for more information.

LOGIN (HTT

O

(https://www.frontiersin.org)

frontie

4.1. Harvard Reference Style (AuthorDate)

Many Frontiers journals use the Harvard referencing

PS://WWW.FRONTIERSIN.ORG/PEOPLE/LOGIN) / REGISTER (HTTPS://WWW.FRONTIERSIN. system, to nd the correct reference style and resources for the journal you are submitting to please go to this page

(https://zendesk.frontiersin.org/hc/en-us/articles/360017860337-Frontiers-Reference-Styles-byJournal).

Reference examples are found below, for more

g) examples of citing other documents and general questions regarding the Harvard reference style, please refer to the Chicago Manual of Style

(https://www.chicagomanualofstyle.org/home.html).

4.1.1. In-text Citations

- For works by a single author, include the surname, followed by the year.
- For works by two authors, include both surnames, followed by the year.
- For works by more than two authors, include only the surname of the rst author followed by et al., followed by the year.
- For Humanities and Social Sciences articles, include the page numbers.

4.1.2. Reference List

ARTICLE IN A PRINT JOURNAL

Sondheimer, N., and Lindquist, S. (2000). Rnq1: an epigenetic modi er of protein function in yeast. Mol. Cell.

5, 163-172.

ARTICLE IN AN ONLINE JOURNAL

Tahimic, C.G.T., Wang, Y., Bikle, D.D. (2013). Anabolic e ects of IGF-1 signaling on the skeleton. Front. Endocrinol. 4:6. doi: 10.3389/fendo.2013.00006

ARTICLE OR CHAPTER IN A BOOK

Sorenson, P. W., and Caprio, J. C. (1998). "Chemoreception," in The Physiology of Fishes, ed. D. H. Evans (Boca Raton, FL: CRC Press), 375-405.

BOOK

Cowan, W. M., Jessell, T. M., and Zipursky, S. L. (1997). Molecular and Cellular Approaches to Neural Development. New York: Oxford University Press.

ABSTRACT

Hendricks, J., Applebaum, R., and Kunkel, S. (2010). A world apart? Bridging the gap between theory and applied social gerontology. Gerontologist 50, 284-293. Abstract retrieved from Abstracts in Social Gerontology database. (Accession No. 50360869)

WEBSITE

World Health Organization. (2018). E. coli. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli (https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ecoli) [Accessed March 15, 2018].

PATENT

Marshall, S. P. (2000). Method and apparatus for eye tracking and monitoring pupil dilation to evaluate cognitive activity. U.S. Patent No 6,090,051.

Washington, DC: U.S. Patent and Trademark O ce.

DATA

Perdiguero P, Venturas M, Cervera MT, Gil L, Collada C. Data from: Massive sequencing of Ulms minor's transcriptome provides new molecular tools for a genus under the constant threat of Dutch elm disease. Dryad Digital Repository. (2015)

http://dx.doi.org/10.5061/dryad.ps837

THESES AND DISSERTATIONS

Smith, J. (2008) Post-structuralist discourse relative to
 phenomological pursuits in the deconstructivist arena.
[dissertation/master's thesis]. [Chicago (IL)]: University of

Chicago

PREPRINT

 Smith, J. (2008). Title of the document. Preprint repository name [Preprint]. Available at:

https://persistent-url (Accessed March 15, 2018).

4.2. Vancouver Reference Style (Numbered)

Many Frontiers journals use the numbered referencing system, to nd the correct reference style and resources for the journal you are submitting to please go to this page

(https://zendesk.frontiersin.org/hc/en
-
us/articles/360017860337-Frontiers-Reference-Styles-byJournal).

Reference examples are found below, for more examples of citing other documents and general questions regarding the Vancouver reference style, please refer to

Citing Medicine

(https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7256/).

4.2.1. In-text Citations

- Please apply the Vancouver system for in-text citations.
- In-text citations should be numbered consecutively in order of appearance in the text

  —identi ed by Arabic numerals in the parenthesis (use square brackets for Physics and Mathematics articles).

4.2.2. Reference List

ARTICLE IN A PRINT JOURNAL

Sondheimer N, Lindquist S. Rnq1: an epigenetic modi er of protein function in yeast. Mol Cell (2000) 5:163-72.

ARTICLE IN AN ONLINE JOURNAL

LOGIN (HTT

(https://www.frontiersin.org)

frontie

Tahimic CGT, Wang Y, Bikle DD

(https://www.frontiersin.org)

signaling on the skeleton. Front Endocrinol (2013) 4:6. doi:

10.3389/fendo.2013.00006

ARTICLE OR CHAPTER IN A BOOK

Sorenson PW, Caprio JC. "Chemoreception,". In: Evans DH, editor. The Physiology of Fishes. Boca Raton, FL: CRC Press (1998). p. 375-405.

BOOK

Cowan WM, Jessell TM, Zipursky SL. Molecular and Cellular Approaches to Neural Development. New York:

Oxford University Press (1997). 345 p.

ABSTRACT

Christensen S, Oppacher F. An analysis of Koza's computational e ort statistic for genetic programming. In: Foster JA, editor. Genetic Programming. EuroGP 2002: Proceedings of the 5th European Conference on Genetic Programming; 2002 Apr 3–5; Kinsdale, Ireland. Berlin:

Springer (2002). p. 182–91.

WEBSITE

World Health Organization. E. coli (2018).

https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/e-coli (https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ecoli) [Accessed March 15, 2018].

PATENT

Pagedas AC, inventor; Ancel Surgical R&D Inc., assignee.

Flexible Endoscopic Grasping and Cutting Device and Positioning Tool Assembly. United States patent US 20020103498 (2002).

DATA

Perdiguero P, Venturas M, Cervera MT, Gil L, Collada C. Data from: Massive sequencing of Ulms minor's transcriptome provides new molecular tools for a genus under the constant threat of Dutch elm disease. Dryad Digital Repository. (2015)

http://dx.doi.org/10.5061/dryad.ps837

THESES AND DISSERTATIONS

Smith, J. (2008) Post-structuralist discourse relative to phenomological pursuits in the deconstructivist arena.

[dissertation/master's thesis]. [Chicago (IL)]: University of

Chicago

Smith, J. Title of the document. Preprint repository name [Preprint] (2008). Available at: https://persistent-url (Accessed March 15, 2018).

(https://www.frontiersin.org)

(https://www.frontiersin.org)

Vedlegg 1, Samtykkeskjema