

MASTEROPPGAVE

Emnekode: KRO5003

Navn: Knut Ole Eidem Valberg

Effekten av eksplosiv styrketrening av kjernemuskulatur med elastiske bånd for skuddhastighet hos mannlige håndballspillere

Effects of explosive core training using elastic bands on throwing velocity in male handball players

Dato: 15.05.2023

Totalt antall sider: 23

FORORD

Denne masteroppgaven er skrevet i slutten av en femårig utdanning på lektor i kroppsøving og idrettsfag på Nord Universitet. I løpet av disse fem år har jeg beriket livet mitt med glede, kunnskap og erfaringer, og gode vennskap jeg kommer til å ha med meg resten av livet mitt.

Årsaken til problemstillingen i denne masteroppgaven hadde sitt fremspring i personlig nysgjerrighet i hvordan å forbedre ferdigheter i en idrett jeg liker, samtidig som det gir meg en dypere faglig kompetanse til å lære andre å utvikle sine egne ferdigheter. Det å jobbe med en slik problemstilling, å gjennomføre en studie på egenhånd, har gitt meg veldig mye lærdom på kort tid. Evne til å være kritisk til egne metoder og valg, og begrunne de i et faglig perspektiv er noe jeg har fått langt mer erfaring med etter dette prosjektet. Dette mener jeg er svært viktige egenskaper når jeg senere velger å benytte en treningsmetode for meg selv eller når jeg skal veilede noen andre.

Jeg vil rette en stor takk til noen som ligger til grunn for en stor del av læringen jeg har tilegnet meg gjennom masterprosjektet: Min veileder Morten Andreas Aune. Han har i stor grad latt meg jobbe med prosjektet på selvstendig vis, men han har lagt rammer for meg til å lykkes gjennom prøving, feiling og refleksjon. Dette har resultert i en svært lærerik prosess. Jeg føler nå at jeg økt min kompetanse betraktelig i hvordan man lager og gjennomfører en studie, i motsetning til å øve på å følge instruks kun for å gjennomføre. Jeg vil også takke andre ansatte på fakultetet som har vært tilgjengelig for gode fagsamtaler innenfor sitt felt, og generelt, når jeg trengte nye innfallsvinkler og forklaringer på faglige spørsmål.

Jeg vil også takke håndball-laget Skogn IL som har bistått som utøvere i denne studien. Uten denne gruppen som deltok i testing og trening ville naturligvis prosjektet mitt ha falt sammen og jeg hadde måtte finne noe annet å gjøre for masterprosjektet mitt. Jeg er veldig glad jeg fikk undersøke noe som jeg er veldig glad i og interesserer meg. Til slutt vil jeg takke familie, venner og kollektivet som konsekvent har vært gode støttespillere gjennom hele utdanningsløpet mitt på Nord Universitet.

Levanger, mai 2023

Knut Ole Eidem Valberg

SAMMENDRAG

Dette prosjektet undersøkte effekten av å legge inn en treningsintervensjon på 6 uker, med 18 økter eksplosiv styrketrening med elastiske bånd for kjernemuskulatur før hver håndballtrening til et håndballlag i 3. divisjon, i sesong. 12 utøvere ble fordelt inn i eksperimentgruppe (n=7, alder: 24.86±8.19 år, vekt: 87.61±15.56 kg, høyde: 187.93±9.07 cm) og kontrollgruppe (n=7, alder: 21.86±8.31 år, vekt: 89.31±34.10 kg, høyde: 185.00±65.63 cm). Testing før og etter intervensjonen inkluderte maksimalstyrke test i Band Twist og Band Crunch, og hastighetsmålinger etter tre typer kast. Eksperimentgruppen hadde en statistisk signifikant forbedring i øvelsen Band Twist (Δ 19.5%; t-test $p = 0.024$; $d = 4.686$) og øvelsen Band Crunch (Δ 5.5%; t-test $p = 0.027$; $d = 5.078$), og tilløpsskudd (Δ 3.6%; t-test $p = 0.030$; $d = 2.332$). Det var ingen statistisk signifikante effekter observert for stillestående skudd og hopp-skudd i eksperimentgruppen. Kontrollgruppen hadde ingen statistisk signifikans observert i noen av testene i studien. I konklusjon ser det ut til at en 6 ukers treningsintervensjon som inneholdt eksplosiv styrketrening med elastiske bånd for kjernemuskulatur forbedret muskelstyrke og hastighet i tilløpsskudd. I og med at effekten i studien er relativt liten og kun forbedret én type kast bør treningsformen undersøkes videre før den eventuelt implementeres i et treningsprogram for å øke skuddhastighet.

ABSTRACT

This project investigated the effect of incorporating a 6-week training intervention, consisting of 18 sessions of explosive core muscle training using elastic bands before each handball training session, on a 3rd division handball team during their season. Twelve participants were divided into an experimental group (n=7, age: 24.86±8.19 years, weight: 87.61±15.56 kg, height: 187.93±9.07 cm) and a control group (n=7, age: 21.86±8.31 years, weight: 89.31±34.10 kg, height: 185.00±65.63 cm). Pre- and post-intervention testing included a maximum strength test in Band Twist and Band Crunch, as well as speed measurements for three types of throws. The experimental group showed a statistically significant improvement in Band Twist (Δ 19.5%; t-test $p = 0.024$; $d = 4.686$), Band Crunch (Δ 5.5%; t-test $p = 0.027$; $d = 5.078$), and approach throw (Δ 3.6%; t-test $p = 0.030$; $d = 2.332$). No statistically significant effects were observed for standing throws or jump throws in the experimental group. The control group showed no significant effects in any of the tests in the study. In conclusion, it appears that a 6-week training intervention consisting of explosive core muscle training using elastic bands improved muscle strength and speed in approach throws. However, given that the effect observed in the study was relatively small and only improved one type of throw, this training modality should be further investigated before being implemented in a training program aimed at improving throwing velocity.

INNHOOLD

1. Introduksjon	1
2. Metode	4
2.1 Forsøkspersoner	4
2.2 Studiedesign	5
2.3 Treningsprogram	5
2.4 Testing.....	8
2.5 Statistisk analyse	11
3. Resultat	11
3.1 Treningens effekt på maksimal styrke.....	11
3.2 Treningens effekt på skuddhastighet.....	12
4. Diskusjon	14
4.1 Effekten av treningen på maksimal styrke	14
4.2 Effekten av treningen på skuddhastighet.....	14
4.3 Praktisk betydning.....	16
5. Begrensninger	17
6. Konklusjon.....	17
Referanser	18

1. INTRODUKSJON

Ballidretten håndball dreier seg kort fortalt om å kaste en ball inn i et mål samtidig som man forsvarer sitt eget mål fra å bli kastet i. Idretten spilles med maksimalt 7 spillere på banen fra hvert lag til enhver tid hvor angreps- og forsvarsspillet stort sett skjer i den ytterste tredelen av banen. I hver ende av banen er det markert et målvaktsområde som strekker seg 6 meter fra mål; kun målvakt kan stå i dette området.

Håndball er en sport som setter mangfoldige fysiske, psykiske og tekniske krav knyttet til prestasjon. Håndballspillere må kunne koordinere bevegelsene sine godt for løping, hopping, kontakt, samtidig som de utfører håndballspesifikke bevegelser som pasning, mottak, kasting og blokkering (Wagner, Finkenzeller, Würth, & von Duvillard, 2014). Arbeidskrav for elitespillere viser at 72 til 86% av spilletiden i en håndballkamp opptas av aktiviteter som å gå og stå stille, men høyintensitetsaksjoner, repeterte høyintensitetsaksjoner og hard kroppskontakt spredt utover kampen øker belastningen betraktelig (Karcher & Buchheit, 2014). Aksjoner som hopp, spillbrudd, retningsforandringer og dueller var definert som høyintensitetsaksjoner, og hadde en frekvens på mellom 130 og 150 slike aksjoner i løpet av en kamp (Karcher & Buchheit, 2014). Faktorer som fysisk karakteristikk, utholdenhet, styrke, løpshastighet og skuddhastighet har vist seg å være viktig for prestasjon i håndball (Manchado, Tortosa-Martínez, Vila, Ferragut, & Platen, 2013). For eksempel en høyt utviklet utholdenhet ser ut til å være viktig for å redusere kardiovaskulære krav og er viktig for å optimalisere håndballspesifikke prestasjoner under kamp (Manchado et al., 2013). Fysiske karakteristikker som høyde, fettfri masse og fettprosent har vist seg å være viktige faktorer for prestasjon, selv blant atleter med høyt ferdighetsnivå (Manchado et al., 2013). Høy maksimal eksplosiv styrke i over og underekstremiteter gir trolig spillere en fordel fordi det skal gi bedre evne i å opprettholde kvaliteten i kraftfulle muskelkontraksjoner som kreves i aksjoner som blokk, kollisjon, skyv, hopp, sprint og kast (Manchado et al., 2013). Disse karakteristikkene har vist seg å differensiere på forskjellige prestasjonsnivå (Manchado et al., 2013).

Overarmskast er dratt fram som en nøkkelegenskap for å oppnå suksess i håndball av flere forskere (Hoff J, 1995; Marques MC, van der Tillar R, Vescovi JD, & JJ, 2007; van den Tillaar & Ettema, 2003), og denne type bevegelse refereres ofte til som en eksplosiv bevegelse (van den Tillaar & Ettema, 2007). Det er to dominante faktorer i et overarmskast som avgjør dets suksess: Presisjon og hastighet (van den Tillaar & Ettema, 2003). Når det kommer til skudd

mot mål, finnes det forskjellige strategier for å overliste målvakten. Man kan for eksempel velge å kaste en presis ball utenfor målvaktens rekkevidde, eller velge å skyte et hardt skudd mot målet for å prøve å overraske målvakten med ballens hastighet (van den Tillaar & Ettema, 2003). For å oppnå høy hastighet i et kast er det avgjørende hvilke kroppssegmenter som er involvert og hvordan de er involvert (Marcos, Javier, Manuel, Juan, & José, 2012). Man kan se på tre hovedfaktorer som avgjør kvaliteten og hastigheten på et kast: Orientering av kroppssegmenter i rom, deltakelse av involverte muskler og rekkefølgen av de forskjellige segmentenes deltakelse (Manchado, García-Ruiz, Cortell-Tormo, & Tortosa-Martínez, 2017). Desto høyere utgangshastighet på et skudd, desto kortere tid er ballen i lufta, og dermed påvirker skuddhastighet direkte hvor raskt en målvakt må reagere for å kunne avverge skuddet, som gjør at hastigheten på skuddet kan bli avgjørende for uttelling. Viktigheten av skuddhastighet merkes spesielt over lengre avstander, hvor målvakt i utgangspunktet har lengre tid på å reagere og forflytte seg i forhold til skuddet. Tenker man på hvor man bør avslutte fra håndballtaktisk, er det gunstig å få avslutninger på kort avstand med klart sikt mot mål, som for eksempel avslutninger fra linjer eller gjennombrudd fra bakspillere. Påstanden at denne typen avslutninger er å foretrekke reflekterer seg også i hvordan de beste europeiske lagene spiller (Bilge, 2012). Det kan dog være vanskelig å fasilitere nærskudd alt ettersom hvordan forsvaret spiller taktisk, for eksempel vil et lavtliggende kompakt forsvar begrense hvor mye rom det er å spille inn til linjespiller og skape gjennombrudd. Derfor er det belegg for å si at utøvere med gode distanseskudd og høy skuddhastighet er gunstig å ha for å angripe et lavtliggende forsvar. En truende distanseskytter kan også påvirke forsvarets taktikk, som kan føre til at muligheten for nærskudd øker igjen. Ifølge flere studier er faktorene som bestemmer hastigheten på et kast teknikk, koordinasjon og maksimal eksplosiv kraftutvikling i overkroppen og underkroppen (Joris, 1985; Manchado et al., 2013; Van Muijen AE, 1991). Kjernemuskulatur har vist seg å utgjøre en stor del av denne kraftutviklingen og kan bidra med omtrent 50% av den kinetiske energien og kraften til hele kastbevegelsen (Todd S. Ellenbecker & Aoki, 2020). Kjernemuskulaturen inneholder muskler i torso og bekkenmuskulaturen, som er ansvarlig for stabilitet og hjelper til med å generere og overføre kraft fra store til små kroppsdelar (Manchado et al., 2017). Når man ser på bevegelsesmønsteret til et kast kan man også se at kjernemuskulaturen er viktig. Et kast hvor hensikten er å skape høyest mulig hastighet i det mest distale segmentet følger et bevegelsesmønster hvor skapes og overføres proksimalt til distalt (Marcos et al., 2012). Det vil si at kraft skapes og overføres fra nærmere kroppens midtlinje eller sentrum, til et segment som ligger lengre unna kroppens midtlinje eller sentrum

(Wirhed, 1984). En bevegelse som skapes ved at sterke sentrale muskler dominerer i begynnelsen og at svakere mer perifere muskler utfører et arbeid mot slutten av bevegelsen blir ofte kalt for sentralbevegelse, og er beskrivende for et kast (Tveit, 2008). Kraften som skapes i denne sentralbevegelsen overføres videre gjennom mer og mer distale segmenter til den til slutt ender opp som kinetisk energi i ballen som kastes. Ser man på kasting i et mekanisk perspektiv kan man forklare et kast som et arbeid som utføres på en ball, arbeidet utført på ballen gir den kinetisk energi, og den forlater utøveren (Tveit, 2008). Arbeidet som utøves på ballen kan beskrives som kraft ganger strekning ($arbeid = F \times s$) (Tveit, 2008). Man kan dermed anta at dersom enten kraften (F) eller arbeidsveien (s) i et kast øker, vil hastigheten på kastet øke. Derfor kan man si ifra et mekanisk perspektiv at både kraftutvikling og arbeidsveien i et kast er viktig for hastigheten på et kast.

Ettersom håndball er en idrett der de mest avgjørende handlingene, som kast, hopp, akselerering, sprint og taklinger, krever et høyt nivå av eksplosivitet og styrke (Bayios, Anastasopoulou, Sioudris, & Boudolos, 2001; Chelly et al., 2010; Ortega-Becerra, Pareja-Blanco, Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñafliel, & González-Badillo, 2018), bør utøvere gjennomføre treningsprogram som forbedrer disse egenskapene. For kast finnes det en rekke forskjellige studier har sett på effekten av forskjellige former styrketrening for forbedring av skuddhastighet (Aloui et al., 2021; Andersen, Fimland, Cumming, Vraalsen, & Sæterbakken, 2018; Bragazzi, Rouissi, Hermassi, & Chamari, 2020; Hermassi, Chelly, Fathloun, & Shephard, 2010; Manchado et al., 2017; Raeder, Fernandez-Fernandez, & Ferrauti, 2015). Det er vist at både tradisjonell styrketrening med tung og moderat motstand for overekstremiteter har gitt signifikant forbedring i skuddhastighet sammenlignet med en kontrollgruppe (Hermassi et al., 2010). Det er også blitt gjennomført en metaanalyse på effekten av styrketrening med motstand som inneholdt 18 studier, med til sammen 275 håndballspillere inkludert, som fant at styrketrening med motstand har en signifikant effekt for skuddhastighet i håndball (Bragazzi et al., 2020). For spesifikt lumbo-pelvic kjernemuskulatur er det også vist at effekten av dynamisk og statisk styrketrening kan gi signifikant økning i skuddhastighet sammenlignet med en kontrollgruppe (Manchado et al., 2017). Det finnes forskjellige tilnærminger til motstand i styrketrening som kan være effektiv for skuddhastighet, og effekten av et styrketreningsprogram som baserte seg på forskjellige typer kast med medisball fant signifikant forbedring på skuddhastighet sammenlignet med kontrollgruppen (Raeder et al., 2015). Styrketrening med elastiske bånd er også et middel brukt av flere forskjellige studier for å skape motstand (Aloui et al., 2019; Aloui et al., 2020; Aloui et al., 2021; Andersen et al.,

2018; Hammami et al., 2021a; Hammami et al., 2021b; Hammami et al., 2022), og har fordeler som at det kan gi en høy motstand sånn som vanlige vekter og maskiner, men er billigere og lettere å implementere. Trening med elastiske bånd har vist signifikant effekt skuddhastighet, etter plyometrisk trening av overekstremiteter (Aloui et al., 2021) Det har også blitt vist en signifikant effekt av etter en treningsintervensjon som inkluderte styrketrening av under- og overekstremiteter i tillegg til kjernemuskulatur med elastiske bånd, men kun én av seks øvelser traff hovedsakelig kjernemuskulatur (Andersen et al., 2018). De overnevnte studiene har vist at det finnes flerfoldige styrketreningsmodeller som kan gi en gunstig effekt for å øke skuddhastighet i håndball, men ingen av de fem studiene eller de 18 studiene inkludert i metaanalysen som undersøkte effekten av styrketrening for skuddhastighet, brukte eksplosiv styrketrening med elastiske bånd for spesifikt kjernemuskulatur (Aloui et al., 2021; Andersen et al., 2018; Bragazzi et al., 2020; Hermassi et al., 2010; Machado et al., 2017; Raeder et al., 2015). Ettersom det er blitt nevnt at kjernemuskulatur skaper en stor andel av kraften i et kast (Todd S. Ellenbecker & Aoki, 2020) kan det være gunstig å kartlegge om også denne styrketreningsmodellen indikerer en effekt på skuddhastighet.

Trenere og utøvere bør legge stor vekt på å finne effektive treningsformer for å forbedre ferdigheter og fysiske faktorer som er avgjørende i den sporten man er utøver i, når man planlegger felles lagtrening eller personlig trening. Samtidig er det gunstig å kunne oppnå forbedring i ferdigheter og fysiske faktorer på en mindre ressurskrevende måte enn vekter og maskiner, som for eksempel elastiske bånd. Spesielt når man er trener for breddeidrettslag eller lærer i skolesystemet, hvor ressursene kan være mindre enn toppidrettslag. Målet med denne studien er å undersøke om det er en indikasjon på effekt av eksplosiv styrketrening av kjernemuskulatur med elastiske bånd for skuddhastighet i håndball.

2. METODE

2.1 FORSØKSPERSONER

De 14 utøverne som utgjorde populasjonen i studien var utøvere fra alle spillerposisjoner, fra ett lag som konkurrerte aktivt i håndball for herrer i 3. divisjon. Alle utøvere hadde spilt håndball sammenhengende i over ett år. Utøverne ble fordelt inn i eksperimentgruppe (n=7, alder: 24.86±8.19 år, vekt: 87.61±15.56 kg, høyde: 187.93±9.07 cm) og kontrollgruppe (n=7, alder: 21.86±8.31 år, vekt: 89.31±34.10 kg, høyde: 185.00±65.63 cm) ut ifra hvor mye tid de selv mente de kunne sette av til ytterligere trening. Utøverne i studien hadde deltatt aktivt gjennom hele 3. divisjon menn, TrønderEnergi-serien -02 2022-2023, med tre håndballøkter

per uke i sju uker før sin første kamp 27.10.22 frem til treningsintervensjonens start 06.02.23. Før intervensjonsstart hadde laget spilt ingen til to kamper per uke, totalt ti kamper, i tillegg tre håndballøkter per uke etter sesongstart. Noen unntak for tre håndballøkter per uke ble gjort når kampdag sammenfalt med en treningsøkt og ferier. To utøvere kunne ikke ta post-test, én fra eksperiment og én fra kontrollgruppen, på grunn av skade og ble derfor ekskludert fra studien.

2.2 STUDIEDESIGN

Utøverne i både eksperiment og kontrollgruppen skulle unngå å forandre sine treningsrutiner i studieperioden, med unntak av selve treningsintervensjonen for eksperimentgruppen. Standard rutine utelukket treningsintervensjon, for både eksperiment og kontrollgruppe bestod av tre håndballøkter per uke (~90 minutter per økt) vanligvis med én kamp per uke i tillegg. En typisk håndballøkt bestod av en oppvarming (~15 min), en teknikkdel (~20 min), en taktikkdel (~20 min) og en spilldel (~35 min). Oppbyggingen av øktene varierte dog i tråd med hva hovedtrener mente ville gagne laget mest opp mot neste kamp. Samtlige utøvere gjennomførte pre-test i løpet av to dager etter ukas siste håndballøkt før påfølgende ukes intervensjonsstart, og samtlige utøvere gjennomførte post-test etter ukas siste håndballøkt ved intervensjonsslutt. På grunn av utøvernes hverdagslige tidsbegrensninger måtte post-testene spres utover fem dager, og ble startet tre dager etter avsluttet treningsintervensjon. Treningsintervensjonen for eksperimentgruppen bestod av et treningsprogram med varighet på ~30 minutter som inneholdt eksplosiv styrketrening med elastiske bånd for kjernemuskulatur, og startet 30 minutter før hver planlagte felles håndballøkt med laget.

2.3 TRENINGSPROGRAM

Hver mandag, tirsdag og torsdag under den seks uker lange treningsintervensjonen møtte utøverne i eksperimentgruppen opp 30 minutter før planlagt håndballøkt med laget for å gjennomføre en økt eksplosiv styrketrening med elastiske bånd (tabell 1). Utøverne fikk utdelt forskjellige elastiske bånd som var tilpasset deres styrke for å oppnå korrekt motstand for eksplosiv styrketrening. I eksplosiv styrketrening gjennomføres bevegelsene treningsprogrammet kraftfullt, med en ekstern belastning på 40-45% av en utøvers personlige maksimalbelastning (1RM) i den gitte bevegelsen (Van Den Tillaar, Roaas, & Oranchuk, 2020). Det vil si at dersom en utøver hadde 1RM på 40kg fikk utøveren et elastisk bånd som hadde en motstand på omtrent 16-18kg i slutten av en repetisjon. Utøverne ble instruert om å gjennomføre hver repetisjon så kraftfullt som mulig, det vil si så hurtig i kontraksjonsfasen som mulig, med korrekt teknikk. Treningsprogrammet inneholdt varianter av øvelsene Band Twist

og Band Crunch. Styrketreningsøkten begynte med ~10 minutter oppvarming og varte i ytterligere ~20 minutter. Den standardiserte oppvarmingen inneholdt 15 burpees, 20 situps og 30 russian twists. Én repetisjon av burpees startet med en pushup etterfulgt av et hopp samtidig som hender ble løftet over hodet. Situps ble gjennomført liggende på bakken med 135° i hoftelddet og 90° i kneleddet. Utøverne hadde hendene bak hodet og måtte reise overkroppen til den dannet en 45° vinkel med underlaget. I øvelsen Russian Twist skulle kun setemusklene berøre underlaget, mens de dannet en 90° vinkel i hoftelddet. Bevegelsen begynte med hendene foldet og holdt over mageregionen, deretter roteres overkroppen til en side helt til hendene berører underlaget og overkroppen roteres tilbake. De byttet hvilken vei de roterte overkroppen for hver repetisjon. Omtrent 90 sekunder etter gjennomført oppvarming begynte treningsintervensjonens styrkeøvelser.

I hver treningsøkt utførte utøverne to øvelser på 3 sett med 8 repetisjoner, med 90 sekunder pause mellom hvert sett og 10 sekunder pause mellom hver repetisjon. Det var også 90 sekunder pause mellom de to øvelsene. Under hele treningsintervensjonen var studiens forfatter til stede for å gi tilbakemeldinger og oppfordringer for å utføre øvelsene med korrekt teknikk.

TABELL 1. TRENINGSBELASTNINGEN GJENNOMFØRT AV EKSPERIMENTGRUPPEN I LØPET AV DEN 6 UKER LANGE TRENINGSINTERVENSJONEN

Treningsøvelse	Økt 1	Økt 2	Økt 3	Økt 4	Økt 5	Økt 6
Med elastiske bånd på 40-45% av utøvers 1RM						
Band Twist	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8
Band Crunch	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8
Treningsøvelse	Økt 7	Økt 8	Økt 9	Økt 10	Økt 11	Økt 12
Med elastiske bånd på 40-45% av utøvers 1RM						
Band Twist	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8
Band Crunch	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8

Treningsøvelse	Økt 13	Økt 14	Økt 15	Økt 16	Økt 17	Økt 18
Med elastiske bånd på 40-45% av utøvers 1RM						
Band Twist	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8
Band Crunch	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8

(sett x repetisjoner)

Band Twist

Forklaringen av øvelsen er basert på en høyrehendt spiller og speilvendes når samme øvelse blir gjennomført av en venstrehendt spiller. Utøveren er knestående med venstre fot foran seg med 90° i kne- og hoftelodd, mens kneet til høyre fot plasseres rett ned under overkroppen, med 90° i høyre kneledd. Hoften peker rett frem under hele bevegelsen. Et elastisk bånd festes i skulderhøyde omtrent én meter bak utøvers høyre skulder. Utøver tar tak i båndet med begge hender og holder de rett ut til sin høyre, med sin venstre arm strak under hele bevegelsen. Så kraftfullt som mulig roterer utøver overkroppen sin mot venstre slik at hendene ender opp over sitt venstre kne. Målet med denne øvelsen er å oppnå kraftfull aktivering av utøverens Obliques.



FIGUR 1. UTGANGSPOSISJON I ØVELSEN BAND TWIST.



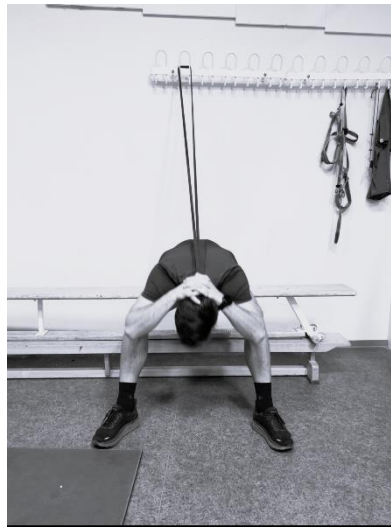
FIGUR 2. SISTE POSISJON I ØVELSEN BAND TWIST.

Band Crunch

Utøver sitter på en stol med bred fotstilling; omtrent 90° åpning mellom høyre og venstre ben. Det skal være omtrent 90° grader i kneleddene under hele bevegelsen. Et elastisk bånd festes omtrent en halv meter bak og omtrent én meter over den sittende utøvers hode. Enden av strikken legges inntil bakhodet og holdes der under hele bevegelsen. Utøver sitter oppreist i starten av bevegelsen, med omtrent 90° hoftelddet, og forsøker så kraftfullt som mulig å dra enden av det elastiske båndet ned mot bakken i en crunch bevegelse. Målet med denne øvelsen er å oppnå kraftfull aktivering av utøverens Rectus Abdominis.



FIGUR 3. UTGANGSPosisjon I ØVELSEN BAND CRUNCH.



FIGUR 4. SISTE POSisjon I ØVELSEN BAND CRUNCH.

2.4 TESTING

Maksimal styrke

For å finne hvor mange kilogram utøvernes 1RM i øvelsene som ble brukt i intervensjonen gjennomførte de samme øvelsene med så høy belastning som mulig for seg selv, med korrekt teknikk. Dette var for å anslå hvor stor motstand det elastiske båndet hver enkelt utøver skulle bruke under intervensjonen. Belastningen som påvirket utøveren under testingen ble målt med en MUSCLELAB kraftcelle (force sensor, Ergotest Innovation AS, Stathelle, Norway) som målte hvor mange Newton utøveren påvirket strikken med. Newton (N) ble omregnet til kilogram (KG) med denne utregningen:

$$\frac{N}{9.81} = KG$$

Før testene ble det gjennomført de samme oppvarmingsprosedyrene som i treningsintervensjonen gjennomført. For at testen skulle være godkjent måtte utøverne gjennomføre bevegelsen med korrekt teknikk, i tillegg til å holde det elastiske båndet stabilt i ett sekund helt i slutten av hvert testforsøk, slik at kraftkurven fra kraftcellen stabiliserte seg. For å finne den maksimale motstanden en utøver kunne gjennomføre en repetisjon med ble motstanden økt gradvis helt til utøveren ikke kunne gjennomføre en repetisjon med korrekt teknikk; utøveren måtte mislykkes i to forsøk på denne motstanden før testingen avsluttet. For hver tredje repetisjon av en test hvilte utøverne i 2 minutter. Det var også 2 minutter hvile mellom de forskjellige testene. Den høyeste målte motstanden i slutten av en godkjent test ble anerkjent som utøverens 1RM i den øvelsen.

Skuddhastighet

Inne i et laboratorium ble tre typer overarmskast testet, som var spesifikke for handball: Stillestående skudd, skudd med tre skritts tilløp og hoppskudd med tre skritts tilløp. Alle utøverne brukte samme ball (UHF størrelse 3). Utgangshastighetene på skuddene ble målt med en Stalker Pro II+ (34.7GHz \pm 50MHz) sportsradar (Stalker Sport, Richardson, Texas) med en målesikkerhet på \pm 3%. Radaren ble holdt bak, rett bak og på høyde med ballen i det skuddet avløses.

Under testingen ble utøverne instruert til å skyte så hardt som mulig mot en myk overflate på fem meters avstand fra der skuddet skulle avløses. Størrelsen på overflaten var to meter bred og tre meter høy, slik at utøverne kunne fokusere på å skyte så hardt som mulig. Skuddtesten var tredelt og besto av ett stillestående, ett tilløpsskudd og ett hoppskudd, hvor de begynte med stillestående skudd, så tilløpsskudd og til slutt hoppskudd. Det var 10 sekunder hvile mellom hver skuddtype. Hele testen ble gjennomført tre ganger per utøver, med 2 minutter hvile mellom hver skuddtest.



FIGUR 5. BILDESERIE AV SKUDDFORMEN STILLESTÅENDE SKUDD.



FIGUR 6. BILDESERIE AV SKUDDFORMEN TILLØPSSKUDD.



FIGUR 7. BILDESERIE AV SKUDDFORMEN HOPPSKUDD.

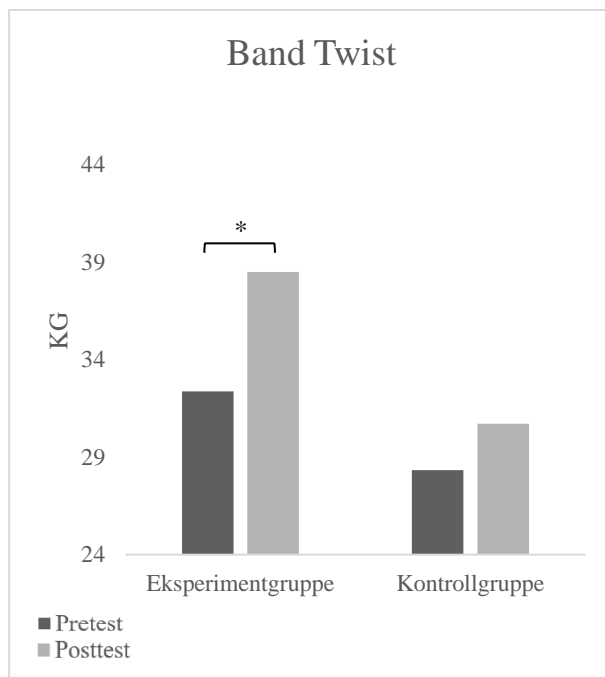
2.5 STATISTISK ANALYSE

Statistisk analyse ble gjennomført ved bruk av SPSS versjon 27.0 for Windows (IB, Armonk, NY, USA). Paret t-test ble brukt for å undersøke den statistiske signifikansen i forskjellene på testresultat for eksperiment og kontrollgruppe mellom pretest og posttest. Signifikansnivå ble satt til $p = 0.05$.

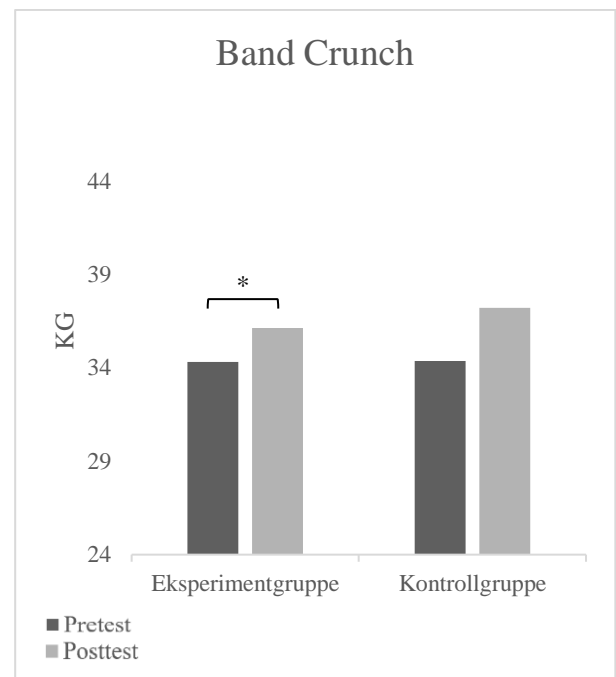
3. RESULTAT

3.1 TRENINGENS EFFEKT PÅ MAKSIMAL STYRKE

Paret t-test indikerte en forbedring i maksimalstyrke i øvelsen Band Twist ($\Delta 19.5\%$; t-test $p = 0.024$; $d = 4.686$) og øvelsen Band Crunch ($\Delta 5.5\%$; t-test $p = 0.027$; $d = 5.078$). Paret t-test viste ikke statistisk signifikant forbedring i maksimalstyrke i øvelsen Band Twist ($\Delta 12.7\%$; t-test $p = 0.307$; $d = 5.137$) og øvelsen Band Crunch ($\Delta 9.6\%$; t-test $p = 0.130$; $d = 5.567$) for kontrollgruppen.



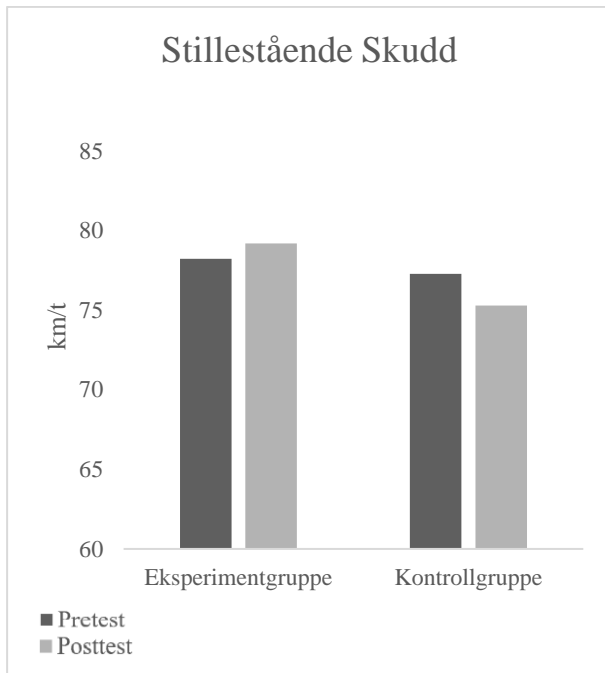
FIGUR 8. SAMMENLIGNING AV MAKSIMALSTYRKE I ØVELSEN BAND TWIST MELLOM EKSPERIMENT OG KONTROLLGRUPPE. SVARTE SØYLER VISER PRETEST OG GRÅ SØYLER VISER POST TEST. $\Delta 6.12\text{KG}$ FOR EKSPERIMENTGRUPPE OG $\Delta 2.38\text{KG}$ FOR KONTROLLGRUPPE. * $P < 0.05$ ETTER PARET T-TEST.



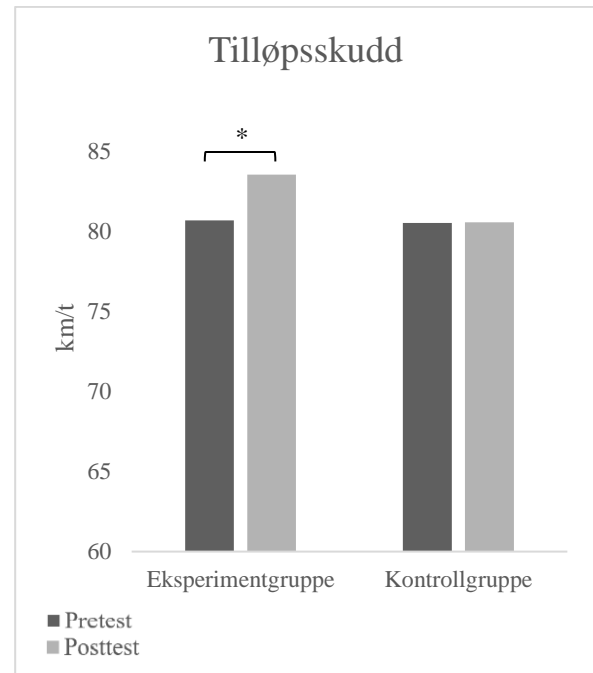
FIGUR 9. SAMMENLIGNING AV MAKSIMALSTYRKE I ØVELSEN BAND CRUNCH MELLOM EKSPERIMENT OG KONTROLLGRUPPE. SVARTE SØYLER VISER PRETEST OG GRÅ SØYLER VISER POST TEST. $\Delta 1.82\text{KG}$ FOR EKSPERIMENTGRUPPE OG $\Delta 2.84\text{KG}$ FOR KONTROLLGRUPPE. * $P < 0.05$ ETTER PARET T-TEST

3.2 TRENINGENS EFFEKT PÅ SKUDDHASTIGHET

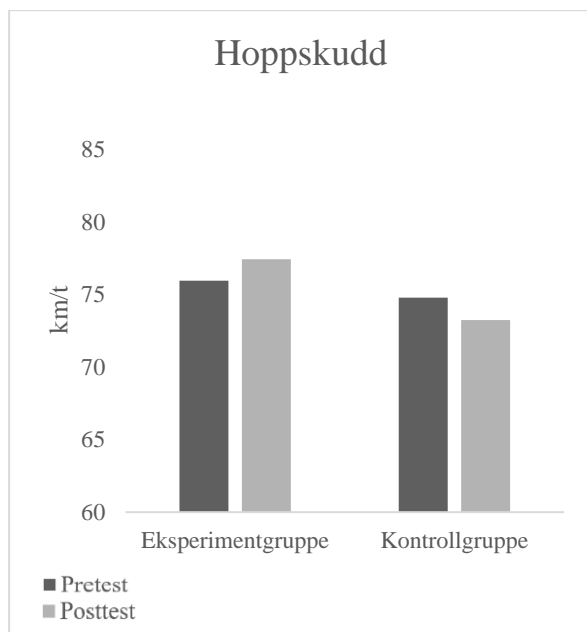
Paret t-test indikerte en forbedring i skuddhastighet på tilløpsskudd (Δ 3.6%; t-test $p = 0.030$; $d = 2.332$), men viste ikke statistisk signifikant forbedring i stillestående skudd (Δ 1.3%; t-test $p = 0.294$; $d = 1.998$) og hoppeskudd (Δ 2.0%; t-test $p = 0.065$; $d = 1.533$). Paret t-test viste ikke statistisk signifikant forbedring i skuddhastighet på stillestående skudd (Δ -2.4%; t-test $p = 0.433$; $d = 5.667$), tilløpsskudd (Δ -0.1%; t-test $p = 0.985$; $d = 4.209$) og hoppeskudd (Δ -1.9%; t-test $p = 0.456$; $d = 4.647$) for kontrollgruppen.



FIGUR 10. SAMMENLIGNING AV KASTHASTIGHET PÅ STILLESTÅENDE SKUDD MELLOM EKSPERIMENT OG KONTROLLGRUPPE. SVARTE SØYLER VISER PRETEST OG GRÅ SØYLER VISER POST TEST. Δ 0.95KM/T FOR EKSPERIMENTGRUPPE OG Δ -1.97KM/T FOR KONTROLLGRUPPE. * $P < 0.05$ ETTER PARET T-TEST.



FIGUR 11. SAMMENLIGNING AV KASTHASTIGHET PÅ SKUDD MED TILLØP MELLOM EKSPERIMENT OG KONTROLLGRUPPE. SVARTE SØYLER VISER PRETEST OG GRÅ SØYLER VISER POST TEST. Δ 2.85KM/T FOR EKSPERIMENTGRUPPE OG Δ -0.04KM/T FOR KONTROLLGRUPPE. * $P < 0.05$ ETTER PARET T-TEST.



FIGUR 1. SAMMENLIGNING AV KASTHASTIGHET PÅ HOPPSKUDD MELLOM EKSPERIMENT OG KONTROLLGRUPPE. SVARTE SØYLER VISER PRETEST OG GRÅ SØYLER VISER POST TEST. Δ 1.48KM/T FOR EKSPERIMENTGRUPPE OG Δ -1.54 FOR KONTROLLGRUPPE. * $P < 0.05$ ETTER PARET T-TEST.

TABELL 2. SAMMENLIGNING AV MAKSIMAL STYRKE MELLOM EKSPERIMENT OG KONTROLLGRUPPE, FØR OG ETTER EN 6 UKERS TRENINGSINTERVENSJON. * $P < 0.05$ ETTER PARET T-TEST.

	Eksperimentgruppe (n = 6)			Paret t-Test		Kontrollgruppe (n = 6)			Paret t-Test	
	Pre	Post	% Δ	<i>p</i>	<i>d</i> (Cohen)	Pre	Post	% Δ	<i>p</i>	<i>d</i> (Cohen)
Band Twist	32.38 \pm 5.05	38.50 \pm 6.43 *	19.50 \pm 13.65	0.024	4.686	28.34 \pm 6.19	30.72 \pm 5.29	12.65 \pm 25.30	0.307	5.137
Band Crunch	34.31 \pm 4.69	36.13 \pm 4.40 *	5.52 \pm 3.92	0.027	1.434	34.36 \pm 6.18	37.20 \pm 4.85	9.55 \pm 10.65	0.130	3.849

TABELL 3. SAMMENLIGNING AV KASTHASTIGHET I TRE TYPER KAST MELLOM EKSPERIMENT OG KONTROLLGRUPPE, FØR OG ETTER EN 6 UKERS TRENINGSINTERVENSJON. * $P < 0.05$ ETTER PARET T-TEST.

	Eksperimentgruppe (n = 6)			Paret t-Test		Kontrollgruppe (n = 6)			Paret t-Test	
	Pre	Post	% Δ	<i>p</i>	<i>d</i> (Cohen)	Pre	Post	% Δ	<i>p</i>	<i>d</i> (Cohen)
Stillestående skudd	78.23 \pm 4.56	79.18 \pm 4.00	1.29 \pm 2.38	0.294	1.998	77.27 \pm 5.55	75.29 \pm 5.83	-2.38 \pm 6.83	0.433	5.667
Tilløpsskudd	80.68 \pm 5.18	83.53 \pm 4.52 *	3.63 \pm 2.74	0.030	2.332	80.53 \pm 4.87	80.57 \pm 5.70	0.10 \pm 4.78	0.985	4.209
Hoppskudd	75.98 \pm 2.72	77.46 \pm 2.22	1.99 \pm 1.90	0.065	1.533	74.80 \pm 4.67	73.26 \pm 5.31	-1.94 \pm 5.78	0.456	4.647

4. DISKUSJON

Målet med studien var å undersøke om en treningsform om eksplosiv styrketrening av kjernemuskulatur har en effekt på skuddhastighet hos håndballspillere. Eksplosiv styrketrening med elastiske bånd av kjernemuskulatur er også en lite undersøkt treningsform for å øke kasthastighet hos håndballspillere; å styrke litteraturen rundt en potensielt lite brukt treningsform vil gjøre det lettere å vurdere hvor gunstig den er i forhold til andre styrketreningsformer som er blitt brukt med samme formål (Aloui et al., 2021; Andersen et al., 2018; Bragazzi et al., 2020; Hermassi et al., 2010; Machado et al., 2017; Raeder et al., 2015).

4.1 EFFEKTEN AV TRENINGEN PÅ MAKSIMAL STYRKE

Hos eksperimentgruppen ble maksimal styrke i begge styrkeøvelsene økt med statistisk signifikans, selv om de kun gjennomførte eksplosiv styrketrening. Dette kan forklares med at bevegelsene er veldig like og mulig overføringsverdi, ettersom den eneste forskjellen på styrketesten og treningsøvelsene i intervensjonen var noe lavere motstand og hastighet på kraftutviklingen. Eksplosiv styrketrening har også tidligere vist at det kan gi fremgang i maksimal styrke, dog i mindre grad enn maksimal styrketrening (Tillin & Folland, 2014). Dette er også i tråd med Lyttle (1996) som så en 13% forbedring i 1RM benkpress etter en treningsintervensjon hvor belastningen var 30% av 1RM i en lignende øvelse (Lyttle, 1996).

4.2 EFFEKTEN AV TRENINGEN PÅ SKUDDHASTIGHET

Eksperimentgruppen hadde forbedret seg med 3.63% på tilløpsskudd etter den 6 uker lange treningsintervensjonen. Ettersom styrken i utøvernes kjernemuskulatur har økt er effekten på tilløpsskudd er i tråd med påstanden at kjernemuskulatur kan bidra med omtrent 50% av den kinetiske energien og kraften i et kast (Todd S. Ellenbecker & Aoki, 2020). Effekten er også i tråd med andre studier som inneholdt trening som ser ut til å ha hensikt å stimulere kjernemuskulatur (Andersen et al., 2018; Machado et al., 2017; Raeder et al., 2015; Saeterbakken, van den Tillaar, & Seiler, 2011). Et annet funn er at treningsintervensjonen i denne studien ikke hadde en signifikant effekt på stillestående ($p = 0.294$) og hoppskudd ($p = 0.065$). Forbedringen på hoppskudd var nær statistisk signifikans som indikerer at det muligens har hatt en effekt, men man kan ikke si noe håndfast. Trolig ville en større populasjon eller en lengre treningsintervensjon påvirket p-verdien etter statistisk analyse.

Det var ikke veldig overraskende at resultatene i denne studien ble annerledes fra resultatene i de overnevnte studiene, ettersom det er blitt trent på forskjellige måter. Andersen et al. trente

flere muskelgrupper i sin treningsintervensjon, Raeder et al. brukte kast av medisinball som også inkluderte flere muskelgrupper i sin treningsintervensjon, Manchado et al. brukte kroppsvektsøvelser, og denne studien brukte eksplosiv styrketrening med elastiske bånd for én spesifikk muskelgruppe. Det som er mer utfordrende og interessant å finne ut av er hvorfor akkurat tilløpsskudd så en signifikant effekt, og ingen av de andre hastighetstestene. To paralleller kan trekkes mellom resultatene og metodene i denne studien og Andersen et al. sin studie: Begge hadde størst økning i tilløpsskudd og begge gjennomførte eksplosiv styrketrening med elastiske bånd, med rotasjon av overkroppen. Men ettersom det var store forskjeller mellom de to treningsintervensjonene i denne og Andersen et al. sin studie er det problematisk å si at eksplosiv styrketrening med elastiske bånd for kjernemuskulatur har størst effekt for tilløpsskudd ut ifra kun studiene selv.

En mulig forklaring på hvorfor dette funnet på effekt for tilløpsskudd kom frem kan være gjennom teknikk i de forskjellige skuddtypene og treningsøvelsene som er blitt valgt, da spesielt Band Twist som handler om å eksplosivt rotere overkroppen. Treningsintervensjonen er gjennomført på utøvere innenfor breddeidrett som kan ha noe dårligere teknikk sammenlignet med utøvere på elitenivå når det kommer til å kaste så hardt som mulig i de forskjellige skuddtypene, ettersom eliteutøver kaster hardere i for eksempel hoppskudd (Wagner, Buchecker, von Duvillard, & Müller, 2010). Teknikk og koordinasjon er dratt frem som en avgjørende faktor for hastigheten i et kast (Manchado et al., 2017). En forklaring på hvorfor eliteutøvere kaster hardere på hoppskudd enn utøvere på lavere nivå er at eliteutøverne har høyere hastighet på rotasjonen i overkroppen når de kaster (Wagner et al., 2010), som muligens kan forklares med bedre teknikk til å skape eller overføre kraft med de musklene som skaper denne rotasjonsbevegelsen under et hoppskudd i forhold til utøvere på lavere nivå. Ser man på stillestående skudd er det blitt vist tidligere at albueleddets vinkel i øyeblikket ballen forlater hånden i et kast og rotasjon i skulderleddet er de eneste faktorene som har signifikant korrelasjon med ballens utgangshastighet i denne skuddtypen (van den Tillaar & Ettema, 2007), selv når andre faktorer som blant annet fleksjon og rotasjon i overkroppen er blitt målt. Dette tyder på at rotasjon av overkroppen ikke er like avgjørende for skuddhastighet for denne skuddformen. For tilløpsskudd er det blitt vist at rotasjon av overkroppen initieres tidligere i denne typen skudd, sammenlignet med stillestående skudd (Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, & Müller, 2012). Dette kan tolkes som at rotasjonen i overkroppen inngår i en større del av kastbevegelsen og evnen til å utvikle kraft i en rotasjonsbevegelse kan dermed ha større innvirkning på kasthastigheten på tilløpsskudd enn stillestående skudd. Det ser ut til at rotasjon

i overkroppen er viktig for både tilløpsskudd og hoppeskudd (Wagner et al., 2010; Wagner et al., 2012). Viktigheten av andre faktorer som albueddets vinkel i skuddøyeblikket og rotasjon i skulderleddet sammenlignet med rotasjon av overkroppen i stillestående skudd (van den Tillaar & Ettema, 2007) kan forklare fraværende effekt av intervensjonen for stillestående skudd. Dårligere evne og teknikk til å skape rotasjon i overkroppen på hoppeskudd hos breddeidrettsutøvere i forhold til eliteutøvere (Wagner et al., 2010) kan muligens forklare fraværende effekt for hoppeskudd, selv om utøverne i denne studien her forbedret evnen til å utvikle mer kraft i en rotasjonsbevegelse. Og det at overkroppens rotasjon muligens inngår i en større del av kastbevegelsen i tilløpsskudd (Wagner et al., 2012) kan trolig forklare observert effekt på tilløpsskudd i studien, ettersom utøverne har forbedret evnen til å skape kraft i en rotasjonsbevegelse. Ser man på effekten på tilløpsskudd fra et mekanisk perspektiv er det også i tråd med funnene i denne studien. Dersom rotasjon initieres tidligere i tilløpsskudd og utgjør en større del av arbeidsveien (s) sammenlignet med andre kast, og utøverne har utviklet sin evne til å skape kraft (F) i rotasjonsbevegelsen, kan man forvente at mengden arbeid utøveren utfører på ballen øker ettersom $arbeid = F \times s$ (Tveit, 2008). Dette resulterer i større kinetisk energi og dermed hastighet for denne typen kast, og kan forklare observert effekt på tilløpsskudd.

4.3 PRAKTISK BETYDNING

Denne treningsmetoden har vist indikasjoner på at den kan være effektiv for å øke skuddhastighet for håndballspillere innenfor breddeidrett. Men sammenlignet med andre studier som er gjennomført for å øke skuddhastighet er økningen i liten (Aloui et al., 2021; Andersen et al., 2018; Bragazzi et al., 2020; Hermassi et al., 2010; Machado et al., 2017; Raeder et al., 2015), og det ble kun observert økning med statistisk signifikans på én skuddform etter testing i tre skuddformer. Dette tyder på at det finnes bedre alternativer for å øke skuddhastighet for håndballspillere. Men ettersom denne studien indikerer at det har en effekt, at fullstendig data kun ble innsamlet på en liten gruppe spillere ($n = 12$) og over en kort periode (seks uker), kan det være verdt å undersøke treningsformen videre over en lengre periode og på en større populasjon. Det kan også være gunstig å se om effekten er annerledes for andre målgrupper som for eksempel utøvere på andre nivå eller kvinnelige utøvere. En fordel med treningsformen er at som nevnt at det krever relativt lite ressurser å kunne gjennomføre treningen, spesielt med tanke på at nettopp ressurser og økonomi kan være en begrensning både for breddeidrettsutøvere og i for eksempel kroppsøving og idrettsfag i skolesammenheng.

Øvelsene krever også lite teknikktrening for å gjennomføre korrekt, som er positivt dersom man skal trene en gruppe med variert erfaring med styrketrening.

5. BEGRENSNINGER

En tydelig svakhet i studien er at den er gjennomført på en liten populasjon, som i stor grad kan påvirke resultatene i studien ettersom tilfeldigheter på hver enkelt utøver som dagsform, hverdagslig belastning og tilfeldigheter i hvert enkelt kast kan gi større utslag på den statistiske analysen sammenlignet med å gjennomføre samme prosedyre på en større populasjon. Det kan også tenkes at det var stor forskjell på hver enkelt utøver når det kommer til teknikk og fysiske faktorer i populasjonen sammenlignet med en gruppe eliteutøvere, det blir da vanskeligere å si noe om hvordan disse faktorene påvirker resultatene sammenlignet med en mer homogen gruppe. Det ble ikke gjennomført en bevegelsesanalyse under testingen, som kunne vært en stor fordel når man skal tolke resultatene etter testene ble gjennomført. Da kunne det tydeligere kommet frem om forbedringen i tilløpsskudd og fravær av statistisk signifikans på stillestående og hoppskudd kan forklares på grunn av lignende eller annerledes bevegelsesmønster enn treningsøvelsene.

6. KONKLUSJON

Etter en 6 uker lang treningsintervensjon med eksplosiv styrketrening av kjernemuskulaturen ved hjelp av elastiske bånd indikerer resultatene at treningen hadde en signifikant effekt på økning av maksimal styrke og hastigheten på tilløpsskudd hos mannlige breddeidrettsutøvere i idretten håndball. Det ble observert en relativt liten effekt på skuddhastighet sammenlignet med andre studier, som kan tyde på at andre tilnærminger til styrketrening har større effekt for skuddhastighet. Studien styrker dog litteraturen rundt potensielle effekter av en lite undersøkt treningsmetode for å øke kasthastigheten hos håndballspillere. Videre forskning kan undersøke om denne treningsformen kan gi lignende effekter hos andre aldersgrupper, nivå eller hos kvinner, samt å undersøke videre hvorfor det var en signifikant effekt på tilløpsskudd, men ikke på stillestående og hoppskudd i denne studien. Treningsformen bør undersøkes videre før den eventuelt kan implementeres i et treningsprogram for å øke skuddhastighet.

REFERANSER

- Aloui, G., Hammami, M., Fathloun, M., Hermassi, S., Gaamouri, N., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of an 8-Week In-Season Elastic Band Training Program on Explosive Muscle Performance, Change of Direction, and Repeated Changes of Direction in the Lower Limbs of Junior Male Handball Players. *J Strength Cond Res*, 33(7), 1804-1815. doi:10.1519/JSC.0000000000002786
- Aloui, G., Hermassi, S., Hammami, M., Cherni, Y., Gaamouri, N., Shephard, R. J., . . . Chelly, M. S. (2020). Effects of elastic band based plyometric exercise on explosive muscular performance and change of direction abilities of male team handball players. doi:<https://doi.org/10.3389/fphys.2020.604983>
- Aloui, G., Hermassi, S., Hayes, L. D., Shephard, R. J., Chelly, M. S., & Schwesig, R. (2021). Effects of Elastic Band Plyometric Training on Physical Performance of Team Handball Players. *Applied sciences*, 11(3), 1309. doi:10.3390/app11031309
- Andersen, V., Fimland, M. S., Cumming, K. T., Vraalsen, Ø. F., & Sæterbakken, A. H. (2018). Explosive Resistance Training Using Elastic Bands in Young Female Team Handball Players.
- Bayios, I. A., Anastasopoulou, E. M., Sioudris, D. S., & Boudolos, K. D. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *J Sports Med Phys Fitness*, 41(2), 229-235.
- Bilge, M. (2012). Game Analysis of Olympic, World and European Championships in Men's Handball. *J Hum Kinet*, 35(1), 109-118. doi:10.2478/v10078-012-0084-7
- Bragazzi, N. L., Rouissi, M., Hermassi, S., & Chamari, K. (2020). Resistance Training and Handball Players' Isokinetic, Isometric and Maximal Strength, Muscle Power and Throwing Ball Velocity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 17(8), 2663. doi:10.3390/ijerph17082663
- Chelly, M. S., Ghenem, M. A., Abid, K., Hermassi, S., Tabka, Z., & Shephard, R. J. (2010). Effects of in-Season Short-Term Plyometric Training Program on Leg Power, Jump- and Sprint Performance of Soccer Players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2670-2676. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e2728f
- Hammami, M., Gaamouri, N., Cherni, Y., Chelly, M. S., Hill, L., & Knechtle, B. (2021a). Effects of contrast strength training with elastic band program on sprint, jump, strength, balance and repeated change of direction in young female handball players: Contrast training in female handball. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 174795412110507. doi:10.1177/17479541211050724
- Hammami, M., Gaamouri, N., Cherni, Y., Gaied, S., Chelly, M. S., Hill, L., . . . Knechtle, B. (2021b). Effects of complex strength training with elastic band program on repeated change of direction in young female handball players: Randomized control trial. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 174795412110621. doi:10.1177/17479541211062152
- Hammami, M., Gaamouri, N., Wagner, H., Pagaduan, J. C., Hill, L., Nikolaidis, P. T., . . . Chelly, M. S. (2022). Effects of strength training with elastic band programme on fitness components in young female handball players: A randomized controlled trial. *Biology of Sport*, 39(3), 537-545. doi:10.5114/BIOLOSPORT.2022.106390
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Fathloun, M., & Shephard, R. J. (2010). The Effect of Heavy- vs. Moderate-Load Training on the Development of Strength, Power, and Throwing Ball Velocity in Male Handball Players. *J Strength Cond Res*, 24(9), 2408-2418. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e58d7c
- Hoff J, A. B. (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strenght in female team-handball players. *J Strength Cond Res*.
- Joris, H. J. (1985). Force, Velocity And Energy Flow During The Overarm Throw In Female Handball Players. *International journal of sport biomechanics*, 2, 124-124.
- Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Med*, 44(6), 797-814. doi:10.1007/s40279-014-0164-z
- Lyttle, A. D. W., Greg J.; Ostrowski, Karl J. (1996). Maximal Power Versus Combined Weights and Plyometrics Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(3), 173-179.
- Manchado, C., García-Ruiz, J., Cortell-Tormo, J. M., & Tortosa-Martínez, J. (2017). Effect of Core Training on Male Handball Players' Throwing Velocity. *J Hum Kinet*, 56(1), 177-185. doi:10.1515/hukin-2017-0035
- Manchado, C., Tortosa-Martínez, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013). Performance Factors in Women's Team Handball: Physical and Physiological Aspects—A Review. *J Strength Cond Res*, 27(6), 1708-1719. doi:10.1519/JSC.0b013e3182891535
- Marcos, G.-D., Javier, R., Manuel, O.-B., Juan, P., & José, C. (2012). Functional variability as efficiency factor in handball throwing to the goal. *E-balonmano.com*, 8(2), 121-134.
- Marques MC, van der Tillar R, Vescovi JD, & JJ, G.-B. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int J Sports Physiol Perform*.

- Ortega-Becerra, M., Pareja-Blanco, F., Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & González-Badillo, J. J. (2018). Determinant Factors of Physical Performance and Specific Throwing in Handball Players of Different Ages. *J Strength Cond Res*, 32(6), 1778-1786. doi:10.1519/JSC.0000000000002050
- Raeder, C., Fernandez-Fernandez, J., & Ferrauti, A. (2015). Effects of Six Weeks of Medicine Ball Training on Throwing Velocity, Throwing Precision, and Isokinetic Strength of Shoulder Rotators in Female Handball Players. *J Strength Cond Res*, 29(7), 1904-1914. doi:10.1519/JSC.0000000000000847
- Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect of Core Stability Training on Throwing Velocity in Female Handball Players. *J Strength Cond Res*, 25(3), 712-718. doi:10.1519/JSC.0b013e3181cc227e
- Tillin, N. A., & Folland, J. P. (2014). Maximal and explosive strength training elicit distinct neuromuscular adaptations, specific to the training stimulus. *Eur J Appl Physiol*, 114(2), 365-374. doi:10.1007/s00421-013-2781-x
- Todd S. Ellenbecker, & Aoki, R. (2020). Step by Step Guide to Understanding the Kinetic Chain Concept in the Overhead Athlete. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 13(2), 155-163.
- Tveit, P. (2008). *Bevegelseslære*. Universitetsforlaget: Gyldendal Undervisning.
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003). Influence of Instruction on Velocity and Accuracy of Overarm Throwing. *Perceptual and motor skills*, 96(2), 423-434. doi:10.2466/pms.2003.96.2.423
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2007). A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players. *J Appl Biomech*, 23(1), 12-19. doi:10.1123/jab.23.1.12
- Van Den Tillaar, R., Roaas, T. V., & Oranchuk, D. (2020). Comparison of effects of training order of explosive strength and plyometrics training on different physical abilities in adolescent handball players. *Biology of Sport*, 37(3), 239-246. doi:10.5114/biolsport.2020.95634
- Van Muijen AE, J. H., Kemper HC, Van Ingen Schenau GJ. (1991). Throwing practice with different ball weights: Effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players. *Sports Training, Medicine & Rehabilitation*, 2.
- Wagner, H., Buchecker, M., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2010). Kinematic description of elite vs. Low level players in team-handball jump throw. *J Sports Sci Med*, 9(1), 15-23.
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball: a review. *J Sports Sci Med*, 13(4), 808-816.
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., Von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2012). Skill-dependent proximal-to-distal sequence in team-handball throwing. *J Sports Sci*, 30(1), 21-29. doi:10.1080/02640414.2011.617773
- Wirhed, R. (1984). *Anatomi, Bevegelseslære og Styrketræning* (Vol. 3): Harpoon Publications AB.