



Universitetet  
i Stavanger

**FAKULTET FOR UTDANNINGSVITENSKAP OG  
HUMANIORA**

## **MASTEROPPGAVE**

Studieprogram: Master idrettsvitenskap	Vårsemesteret, 2023
Forfatter: Christian Magnus Mikalsen Johannessen	
Veileder: Espen Tønnessen	
Tittel på masteroppgaven: Impact of rest intervals on maximal power output in different sports during repeated maximal effort contractions at varied loads in the Keiser leg press machine	
Emneord: Rest interval	Antall ord artikkel: 3418 Antall ord overbygging: 5681 Antall vedlegg/annet: 2  Stavanger, 26.05.2023

## **Innholdsfortegnelse**

Forside artikkel til IJSPP .....	3
Abstract .....	4
Introduction .....	6
Methods .....	8
Experimental Approach to the Problem .....	8
Subjects .....	8
Procedures .....	9
Data Analysis .....	11
Statistical Analysis .....	11
Results .....	12
Discussion .....	16
Practical Applications .....	18
Conclusion.....	18
Acknowledgments .....	19
References .....	20
Vedlegg 1: Authorship Guidelines (IJSPP).....	24
Vedlegg 2: Overbygging .....	29

## **Forside artikkel til IJSPP**

**Title: Impact of rest intervals on maximal power output in different sports during repeated maximal effort contractions at varied loads in the Keiser leg press machine**

**Submission type:** Original investigation

Christian M. M. Johannessen

Department of Education and Sports Science, University of Stavanger, Norway

### **Correspondences**

Christian M. M. Johannessen, Department of Education and Sports Science, University of Stavanger, Norway

[cm.johannessen@stud.uis.no](mailto:cm.johannessen@stud.uis.no), +4793668140

**Preferred running head:** Rest interval and varied loads in leg press

**Abstract word count:** 244

**Text-only word count:** 3418

**Number of figures and tables:** 8

**Journal:** International Journal of Sports Physiology and Performance

## Abstract

### Norwegian version:

**Bakgrunn/hensikt:** Studien har undersøkt betydningen av korte og lange pauser i Keisers 10-repetisjons kraft-hastighetstest ved tre ulike belastningsnivåer, samt test-retest reliabiliteten. Tidligere Keiser-studier har ikke benyttet lange pauser. **Metode:** Totalt deltok 30 idrettsutøvere, hvorav 14 var menn og 16 var kvinner ( $17.1 \pm 0.9$  år,  $177.8 \pm 8.8$  cm,  $71.7 \pm 11.3$  kg). Deltakerne gjennomgikk 3 dager med fysisk testing (totalt ~ 900 repetisjoner) i en Keiser A300 benpress-maskin, med 4 til 8 dagers mellomrom. Testdag 1 bestod av en 1RM-test, etterfulgt av en 10-repetisjons kraft-hastighetstest med korte pauser mellom repetisjonene. Testdag 2 og 3 bestod av kraft-hastighetstesten, gjennomført med enten korte pauser eller lange pauser mellom repetisjonene. **Resultater:** Signifikante forskjeller ( $p < .001$ ) ble funnet mellom hvert av de tre belastningsnivå av 1RM innenfor de ulike gruppene. Prestasjonen forbedret seg med 2-8% ved lav (15-35% av 1RM) og moderat (45-72% av 1RM) belastning med lange pauser. Utenom for håndball og menn, var prestasjonen ved høy (82-100% av 1RM) belastning signifikant lavere ( $p < .05$ ) med lange pauser med små effektstørrelser (Cohen's D, -.45 til -.29). Menn presterte bedre med lange pauser ved alle belastningsnivåer. Test-retest reliabiliteten forbedret seg signifikant ( $p < .001$ ) med en gjennomsnittlig endring på 1.0 (watt/kg kroppsvekt)  $\pm .3$  standardfeil og en moderat positiv effektstørrelse (Cohen's D = .61). **Konklusjon:** Pausetidene i Keisers 10-repetisjons kraft-hastighetstest ser ikke ut til å være gunstig for å oppnå valide resultater ved ulike belastningsnivåer for idrettsutøvere. Individuelle forutsetninger og ytre belastninger bør vurderes for å optimalisere testresultatene.

**Nøkkelord:** Fysisk testing, kraft-hastighetstest, kraft, kognitive strategier, mobilisering

**English version:**

**Purpose:** This study aimed to investigate the impact of short and long rest intervals on Keiser's 10-repetition force-velocity test and examine test-retest reliability. **Methods:** A total of 30 participants, including both male (n=14) and female (n=16) athletes ( $17.1 \pm .9$  years,  $177.8 \pm 8.8$  cm,  $71.7 \pm 11.3$  kg), underwent physical testing 3 times (~ 900 repetitions) in a Keiser A300 leg press machine, separated by 4 to 8 days. Test day 1 included a 1RM test followed by a 10-repetition force-velocity test with short rest intervals between the repetitions. Test days 2 and 3 involved the force-velocity test, either with pre-programmed short rest intervals, or with manually conducted long rest intervals. **Results:** Significant differences ( $p < .001$ ) between each load level within subgroups. Performance improvement ranged from 2-8% at low (15-35% of 1RM) and moderate (45-72% of 1RM) loads with long rest intervals. Long rest intervals significantly ( $p < .05$ , Cohen's D  $-.45$  to  $-.29$ ) reduced high (82-100% of 1RM) load performance compared to short rest intervals, except for handball players and men. Males showed greater performance improvement with long rest intervals at all load levels. Test-retest reliability improved significantly ( $p < .001$ ) with a moderate positive effect size (Cohen's D =  $.61$ ). **Conclusions:** Rest intervals in Keiser's 10-repetition force-velocity test may not be optimal for obtaining valid results across varied loads for athletes, highlighting the importance of considering rest intervals in relation to load level and making individual adjustments during physical testing.

**Key words:** Physical testing, force-velocity test, power, cognitive strategies, mobilizing

## Introduction

Testing an athlete's physical ability provides coaches and researchers with valuable information.<sup>4</sup> Consequently, these capabilities are frequently assessed to monitor acute and chronic training responses, as well as to identify an athlete's strengths and weaknesses.<sup>25</sup> The results can then be used to tailor individual and group training programs, inform recovery strategies, and manage workload.<sup>3,25</sup> If testing is to be utilized, it is crucial that we can have confidence in the results, which requires that the tests are both reliable and valid.<sup>8,12</sup> To establish trust in physical testing, it is imperative that the test is customized to suit the distinctive characteristics of the specific sport, taking into account central factors such as the type of test and its execution, protocol, load, familiarization, warm-up, and the responsible test leader should be the same during the execution.<sup>18</sup> The duration of rest intervals between sets and exercises is an essential factor that can impact the validity of physical testing<sup>4</sup>. The length of rest intervals during resistance training and testing depends on factors such as intensity, goals, fitness level, and targeted energy system utilization<sup>18</sup>. The duration of rest between sets and exercises has a significant impact on metabolism,<sup>13</sup> such as phosphagen (ATP-PC) repletion,<sup>17</sup> hormonal,<sup>14</sup> and cardiovascular<sup>15</sup> responses to acute bouts of resistance exercise, as well as subsequent set<sup>17</sup> performance and training adaptations.<sup>16</sup> The significance of rest intervals during strength and power training is also attributed to the restoration of the central nervous system's (CNS) ability to mobilize efficiently. Proper rest intervals between sets allow for the recovery of the neuromuscular system, ensuring that the subsequent sets can be performed with maximal effort and technique. The CNS plays a crucial role in the recruitment and activation of muscle fibers during resistance exercise, and thus, sufficient rest time is necessary for the restoration of neural drive and optimal performance.<sup>26</sup> Optimal rest is vital to ensure the quality of each repetition being performed in a set.<sup>18</sup> However, the rest interval length range may be determined by the prescribed training loads, intensity, volume, an athlete's age,<sup>20</sup> muscle fiber type, and genetics.<sup>21</sup>

The optimal duration of rest interval for speed testing that involves a low load, is between 30 seconds and 2 minutes.<sup>17</sup> Power testing that involves a medium load, generally requires a rest interval of 2-5 minutes to maximize recovery of the phosphagen system. For 1RM testing, which requires high load, rest intervals of 3-5 minutes are usually recommended to ensure maximal recovery and prevent fatigue from compromising form and safety.<sup>24</sup> Research suggests that acute resistance exercise performance may be negatively impacted by shorter rest intervals

of 1 minute compared to 3-5 minutes rest periods,<sup>17</sup> and that complete recovery of strength may not occur within 3 minutes.<sup>19</sup> Although most experiments have traditionally used longer rest intervals between sets when testing for maximal strength, some studies have shown that 1 minute rest intervals are adequate for repeated one repetition maximum (1RM) bench press, back squats, and countermovement jump attempts.<sup>23,24,27</sup> However, considering both psychological and physiological factors, it may be safer and more dependable to incorporate 3-5 minutes rest intervals.

Cognitive strategies can be defined as self-directed mental interventions used prior to or during skill execution to enhance physical performance.<sup>29</sup> Researchers have identified imagery, goal setting, self-talk, preparatory arousal, and free choice, as typical cognitive strategies athletes use prior to performing strength-based tasks.<sup>29</sup> In the same study these cognitive strategies were associated with increased strength performance (results ranged from 61 to 65 %).

In most sport disciplines, the ability to generate force at a variety of velocities is fundamental.<sup>5</sup> Within strength and power training, force-velocity (FV) profiling has recently received increasing attention as a method for monitoring training adaptations<sup>2,3</sup> and is an important factor to consider when designing customized resistance training programs for athletes.<sup>6,7</sup> FV-profiling is based on the fundamental properties of skeletal muscles, which exhibit an inverse relationship between force and velocity.<sup>9</sup> The Keiser A300 seated leg press machine is a commonly used tool to accurately measure an athlete's FV-profile and lower limb strength.<sup>3,10-12</sup> Keiser's 10-repetition FV-test, which is pre-programmed in the Keiser A420 software, has demonstrated strong test-retest reliability.<sup>3,22</sup> Previous studies using Keiser's 10-repetition FV-test have been conducted with short rest intervals for all load levels, which does not align with the recommended rest intervals in the literature. Therefore, the purpose of this study was to i) investigate whether the rest intervals in Keiser's 10-repetition FV-test is optimal for obtaining a valid result within varied loads for athletes from both handball and typical endurance sports, and ii) examine the test-retest reliability.

## Methods

### Experimental Approach to the Problem

The participants in this study completed three days of testing (test day 1, 2 and 3), separated by 4 to 8 days to allow for adequate physical recovery. All tests were performed in a Keiser A300 pneumatic leg press machine at the Norwegian Olympic Federation test center in Stavanger. Test day 1 included a 1RM test followed by the 10-repetition FV-profiling test, which is pre-programmed in the Keiser A420 software with short rest intervals between each repetition. The recovery time between the two tests was 5 minutes. During test day 2 and 3, the participants performed either the 10-repetition FV-profiling test pre-programmed in the software with short rest intervals, or a manually conducted test with long rest intervals (3 min rest periods), between each repetition. The participants were separated into two groups, with 15 participants in each group. The groups were randomized to ensure gender balance and an equal number of endurance athletes and handball players in each group. Table 1 describes the content of the respective test days per group. The purpose of differentiating the test order was to eliminate the risk of test familiarization impacting the data.

**Table 1.** The content of the test days

	Test day 1	Test day 2	Test day 3
<b>Group 1</b>	1RM + FV profiling (short)	FV profiling (short)	FV profiling (long)
<b>Group 2</b>	1RM + FV profiling (short)	FV profiling (long)	FV profiling (short)

### Subjects

A total of 30 participants, all enrolled in a sports program at the same high school in Norway, were recruited for this study. Their age, height, and body mass (mean  $\pm$  SD) were  $17.1 \pm .9$  years,  $177.8 \pm 8.8$  cm, and  $71.7 \pm 11.3$  kg. The study included both male ( $n=14$ ;  $16.9 \pm .9$  years;  $185.3 \pm 6.6$  cm;  $77.7 \pm 12.1$  kg) and female ( $n=16$ ;  $17.2 \pm .8$  years;  $171.3 \pm 4.6$  cm;  $66.4 \pm 7.9$  kg) athletes. 15 of the participants were handball players, and the remaining 15 participants were endurance athletes competing in track (middle-distance and long-distance,  $n = 6$ ), orienteering ( $n = 1$ ), cycling ( $n = 2$ ), rowing ( $n = 5$ ), and swimming ( $n = 1$ ). All participants competed at a national junior level in their respective sport.



**Table 2.** Baseline characteristics of the subjects (n = 30)

	<b>Endurance athletes (n = 15)</b>		<b>Handball athletes (n = 15)</b>	
Age (years)	16.9 ± .9		17.3 ± .8	
Sex (n)	F (8)	M (7)	F (8)	M (7)
Height (cm)	171.3 ± 5.5	180.6 ± 5.0	171.4 ± 3.89	189.9 ± 4.5
Weight (kg)	64.5 ± 10.3	68.7 ± 9.6	68.3 ± 4.5	86.8 ± 5.9

All participants provided written informed consent prior to participating in the study. The study was conducted in accordance with the ethical standards of the responsible academic institution. Approval for data protection and management was obtained from the Norwegian Center for Research Data (reference number: 339372) and performed in agreement with the Declaration of Helsinki.

## Procedures

Test day 1 started by measuring the subjects' body weight and height using a Seca 877 floor scale, and a Seca 222 height measure, wearing training clothes and shoes. All subjects performed a standardized warm-up prior to each test session. This included a general warm-up consisting of 5 minutes of rowing (pace 2-2:30min/500m), followed by a specific warm-up in the Keiser leg press, consisting of 1 x 3 repetition at 20 %, 40 % and 60 % of 1RM, with 1 minute rest interval between each load level. The test leader tested two participants simultaneously, which entailed one participant recovering while the other one was testing. The participants were instructed to prepare themselves for the test sessions as they would for a contest, with regards to diet, fluid intake and rest, and to avoid strenuous exercise 24 hours prior to testing. The equipment, test leader and test center were held constant for all testing.

### 1RM leg press test

The study conducted a 1RM test using Earle's testing protocol.<sup>1</sup> Post warm-up on test day 1, participants were given a 2-minute rest period prior to them estimating a load that was near maximal, but sufficiently conservative to allow them to complete 2-3 repetitions. Participants then continued to increase the load by 14-18 kg (10-20%) with 3 minutes rest interval between each 1RM attempt. In cases of failed attempts, the load was reduced by 7-9 kg (5-10%) prior to the next attempt. The participants obtained their 1RM within 3-5 attempts, which is in accordance with Earl's protocol.<sup>1</sup>

### 10-repetition FV-profiling test

The purpose of obtaining each participant's 1 RM during test day 1 was to calculate the loading range for the 10-repetition FV-profiling test. The pre-programmed test with short rest intervals started with two practice attempts at the lightest load, corresponding to ~15% of 1RM. The resistance was then gradually increased by fixed intervals (~20–30 kg) per repetition until reaching the ~1RM load, and a total of 10 repetitions in the range of 15–100% of 1RM. As the load increased, the rest interval also increased between repetitions. The manually conducted test with long rest intervals was adjusted by the test leader based on data on load level for each repetition from test day 1. During rest intervals, participants were allowed to move around, but had to be ready in the testing position 10 seconds prior to the next repetition (test leader counted down from 10). During the pre-programmed test, participants remained seated on the machine if rest intervals were less than 10 seconds (rep 1-5). Apart from this, the execution was identical both test day 2 and 3.

The repetitions in Keiser's FV-profiling test were grouped into low load (1.-3. repetition, 15-35% of 1RM), medium load (4.-7. repetition, 45-72% of 1RM), and high load (8.-10. repetition, 82-100% of 1RM). The purpose of the categorization was to facilitate data analysis, in which the low load was assessed in the context of speed testing/training,<sup>17</sup> the medium load in relation to power testing/training, and the high load with a focus on 1RM testing/training.<sup>24</sup> Table 3 provides an overview of the categorization of load levels with corresponding rest periods and percentage of 1RM for short and long rest intervals.

**Table 3.** Categorization of load levels with corresponding rest periods and % of 1RM for short and long rest intervals

	Low load speed testing			Moderate load power testing				High load 1RM testing		
<b>Rep</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>% of 1RM</b>	15	27	35	45	54	63	72	82	91	100
<b>Short rest (sec)</b>	2	5	5	6	9	13	18	26	38	= 2 min and 5 sec
<b>Long rest (min)</b>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	= 27 min

Each participant's seat in the Keiser A300 was set to a vertical femur at a knee flexion of around 80° to 90° (180° = full extension). Their feet were positioned with the heels at the lower end of the foot pedal (4). The semi-isotonic pneumatic resistance ensured that even at the maximum effort, there was no ballistic movement. Each push-off was performed with the intent to produce

maximum speed in the concentric phase and the pedals were placed in their predetermined position before each repetition, resulting in a concentric-only action without any countermovement. The eccentric phase was performed at a sub-maximum level and was not recorded.<sup>3</sup>

## **Data Analysis**

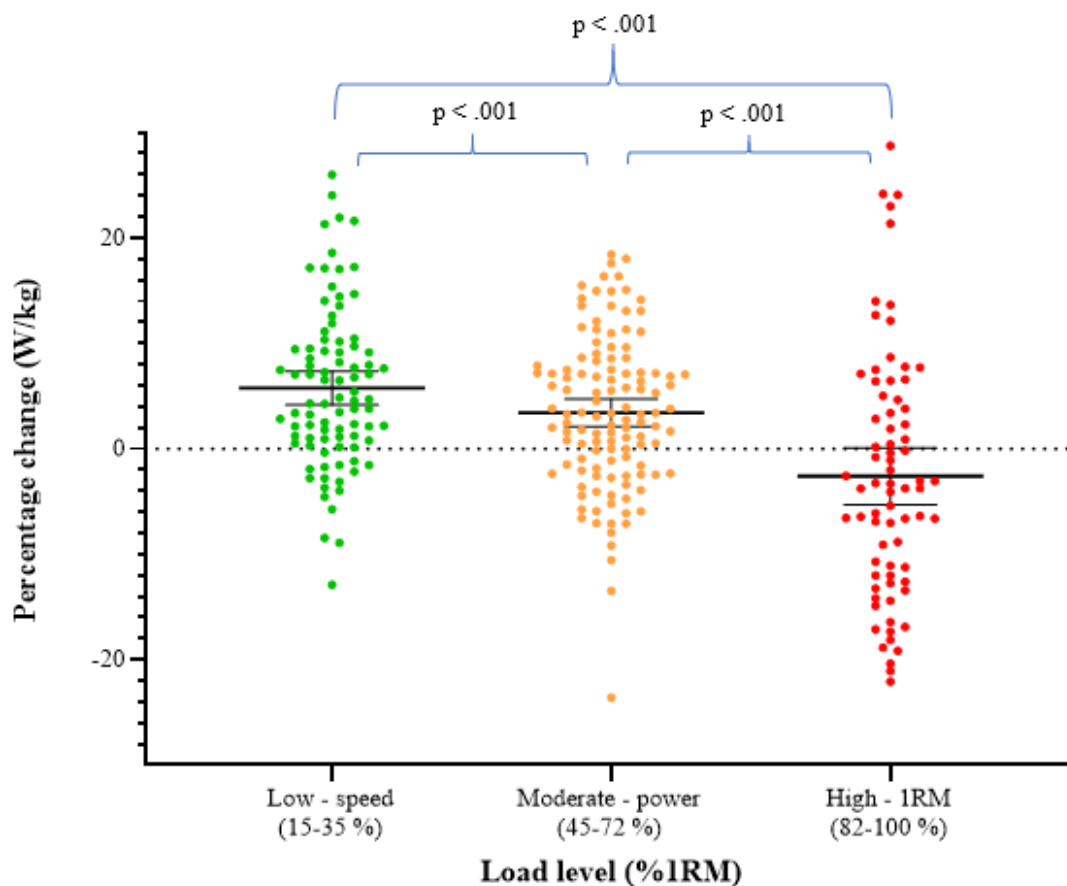
All data from the Keiser A420 software was exported to Excel 2019 to be structured prior to transfer into SPSS 28 for further analysis. All figures were produced using GraphPad Prism (version 9.5.1 (733), Dotmatics, San Diego, USA). The average force and velocity during the concentric phase of the movement were used to calculate all FV-variables (force in kg, velocity in m/s, power in watt). Relative power measured in watts per kilo body weight (W/kg) was used to normalize the data to provide sufficiently valid results.<sup>4</sup> Data from test day 2 and 3 were utilized to address the first part of the research question pertaining to validity, while data from test day 1, 2, and 3 (short rest time) were employed to investigate the test-retest reliability.

## **Statistical Analysis**

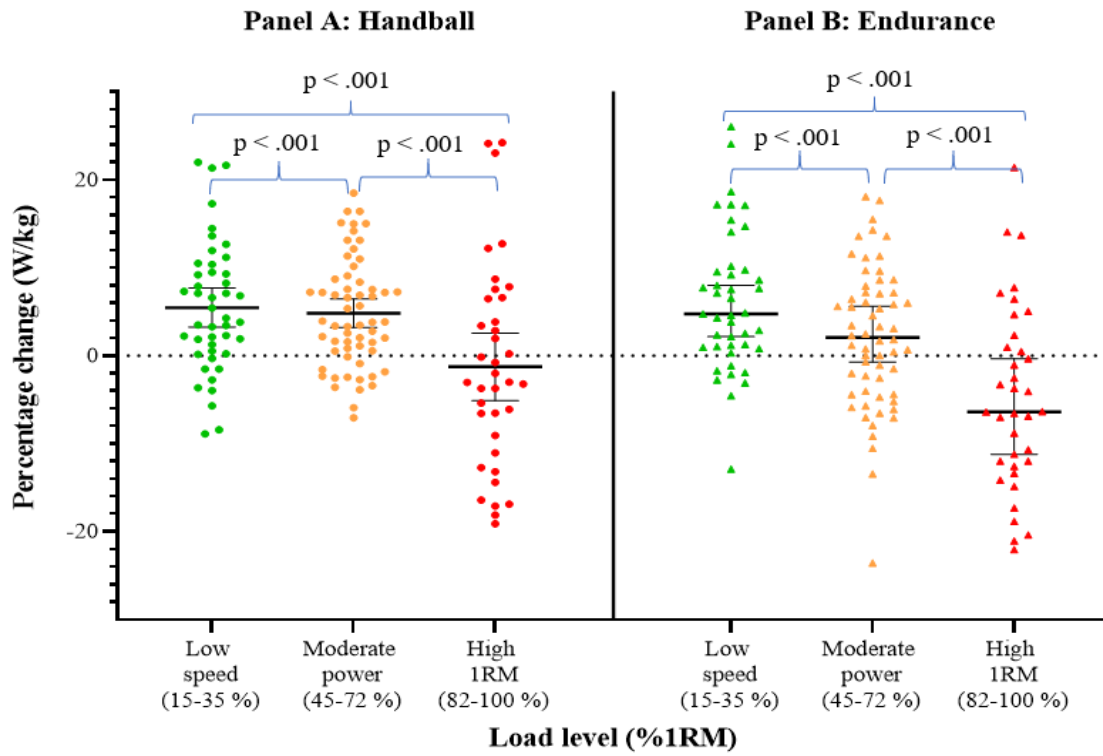
Excel 2019 (Microsoft; Redmond, WA, USA) and SPSS 28 (IBM, Armonk, NY, USA) was used for statistical analyses. All data is presented as mean  $\pm$  standard deviation (SD) unless stated otherwise. Paired-samples t-test was used to assess the differences within groups between short and long rest intervals. Reliability of performance (on short and long rest intervals) was assessed using a Bland Altman plot with 95% limits of agreement. Effect size (Cohen's D) of the differences in means and magnitudes was expressed according to the following thresholds: small 0.20-0.49, moderate 0.50-0.79, large  $> 0.8$ .<sup>28</sup> The One-Way Anova with a Post Hoc test (Tukey HSD) was used to assess differences between the power produced from low, moderate, and high loads. The level of significance was set to  $p \leq .05$ .

## Results

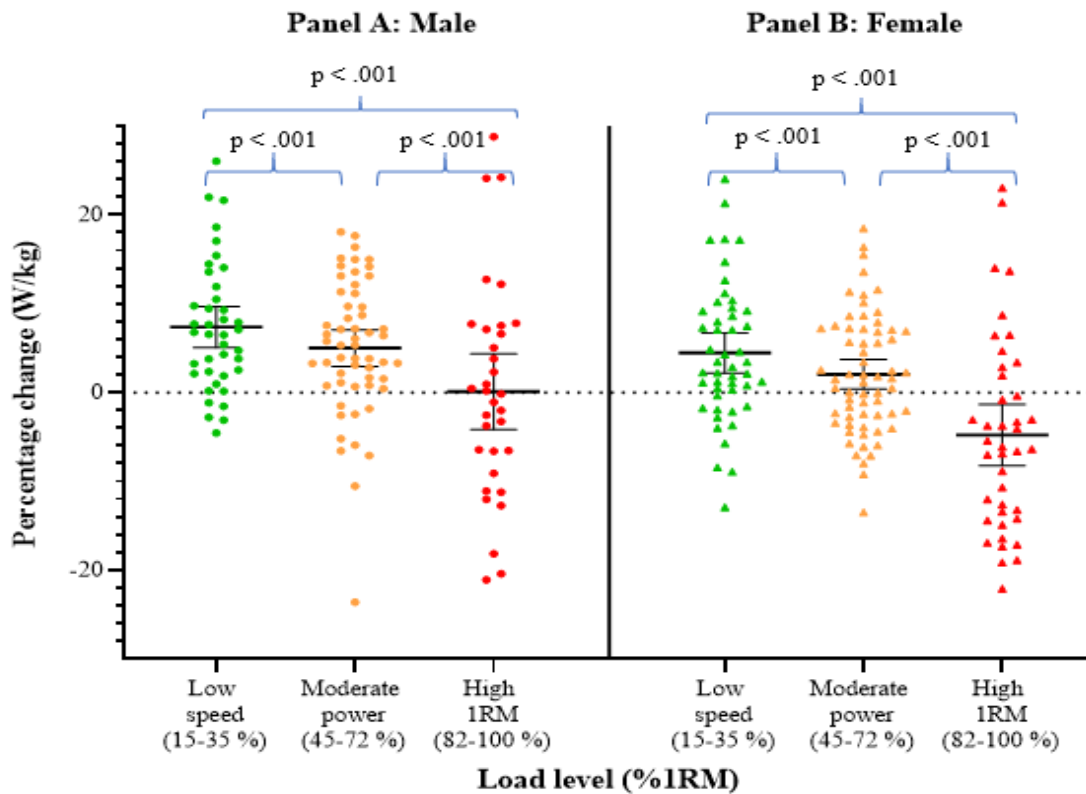
Differences between short and long rest interval are presented in Figures 1-3, and in Table 3. Statistically significant differences ( $p < .001$ ) were found between low, medium, and high loads, when analysing the data within the different groups (all participants, handball, endurance, male and female). All groups improved their performance (W/kg), ranging from 2-8 % at low and moderate loads, when the test was performed with long rest intervals. Long rest intervals significantly ( $p < .05$ , Cohen's D  $-.45$  to  $-.29$ ) reduced high load performance compared to short rest intervals, except for handball players and men. In addition, the performance improvement with long rest intervals was greater for males than females, with larger effect sizes for males in all three load levels.



**Figure 1.** Percentage change in relative power (W/kg) from short to long rest interval, for all subjects.



**Figure 2.** Percentage change in relative power (W/kg) from short to long rest interval, for handball and endurance.



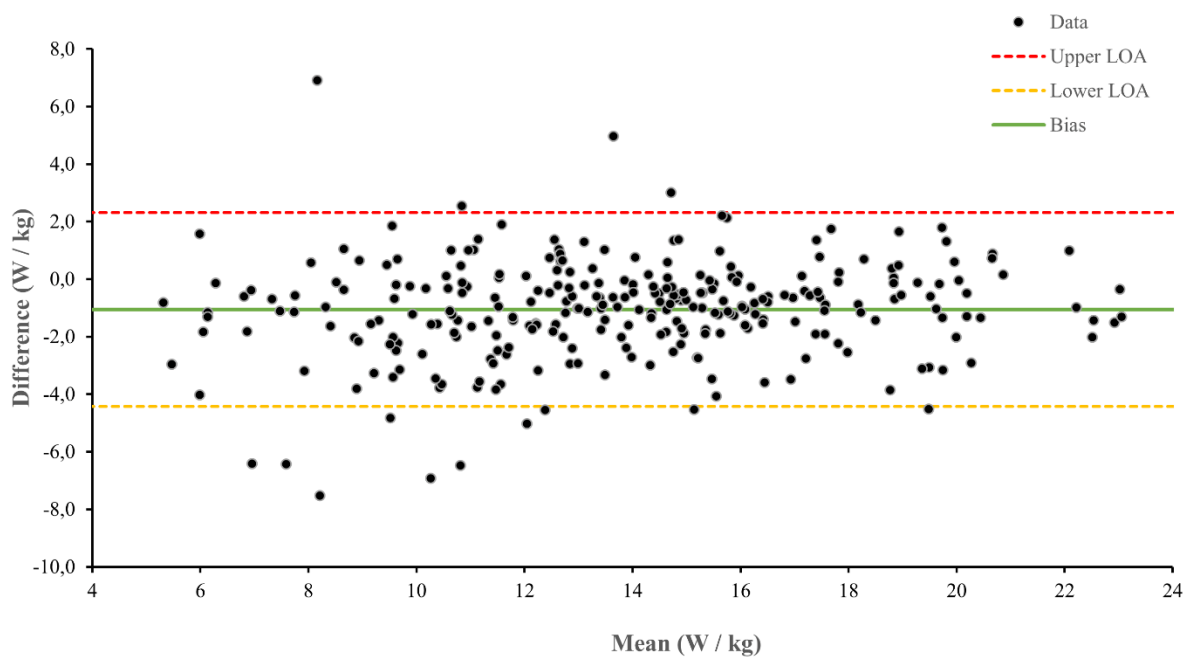
**Figure 3.** Percentage change in relative power (W/kg) from short to long rest interval, for male and female.

**Table 4.** Descriptive statistics between subjects in each group

Group	Resistance (%1RM)	Short rest	Long rest	Mean difference $\pm$ SE	95%CI for mean		Sig. (2-tailed)	Cohen's D
		Mean $\pm$ SD (W / kg)	Mean $\pm$ SD (W / kg)		Lower	Upper		
All subjects	Low (15-35%)	13.4 $\pm$ 3.0	14.2 $\pm$ 3.1	.8 $\pm$ .4	13.2	14.1	<.001*	.79
	Moderate (45-72%)	16.6 $\pm$ 3.1	17.1 $\pm$ 3.6	.5 $\pm$ .4	16.5	17.5	<.001*	.49
	High (82-100%)	11.4 $\pm$ 3.6	10.9 $\pm$ 4.1	-.5 $\pm$ .6	10.6	11.8	.012*	-.29
Handball	Low (15-35%)	13.9 $\pm$ 2.6	14.7 $\pm$ 3.0	.8 $\pm$ .6	13.7	14.9	<.001*	.75
	Moderate (45-72%)	17.8 $\pm$ 2.5	18.7 $\pm$ 3.0	.9 $\pm$ .5	17.7	19.0	<.001*	.81
	High (82-100%)	12.1 $\pm$ 3.8	11.9 $\pm$ 4.4	-.2 $\pm$ .9	11.1	13.0	.362	-.14
Endurance	Low (15-35%)	13.2 $\pm$ 2.9	14.0 $\pm$ 3.0	.8 $\pm$ .4	13.1	14.0	<.001*	.78
	Moderate (45-72%)	16.6 $\pm$ 3.1	17.2 $\pm$ 3.5	.6 $\pm$ .4	16.6	17.6	<.001*	.51
	High (82-100%)	11.5 $\pm$ 3.7	11.0 $\pm$ 4.1	-.5 $\pm$ .6	10.6	11.8	.009*	-.29
Male	Low (15-35%)	14.5 $\pm$ 3.1	15.6 $\pm$ 3.1	1.1 $\pm$ .7	14.4	15.8	<.001*	1.11
	Moderate (45-72%)	18.6 $\pm$ 2.9	19.5 $\pm$ 3.4	.9 $\pm$ .6	18.8	20.2	<.001*	.73
	High (82-100%)	12.7 $\pm$ 4.1	12.4 $\pm$ 4.8	-.3 $\pm$ 1.0	11.5	13.6	.289	-.17
Female	Low (15-35%)	12.2 $\pm$ 2.2	12.7 $\pm$ 2.2	.5 $\pm$ .4	11.9	12.8	<.001*	.58
	Moderate (45-72%)	14.9 $\pm$ 2.1	15.2 $\pm$ 2.2	.3 $\pm$ .4	14.7	15.6	.020*	.30
	High (82-100%)	10.4 $\pm$ 2.9	9.9 $\pm$ 3.0	-.6 $\pm$ .6	9.5	10.8	.004*	-.45

*SD = Standard deviation, SE = Standard error, CI = Confidence interval, \*Significant level = .05*

The test-retest reliability is presented in Figure 4. The mean and SD for the first test were  $13.3 \pm 4.0$  (W/kg), while the mean and SD for the second test were  $14.3 \pm 3.8$  (W/kg). The results demonstrate that the mean for the retest was significantly higher ( $p < .001$ ) than the mean for the first test, with a mean difference of  $1.0 \pm 0.3$  SE. The 95% CI for the mean difference ranged from 13.5 - 14.1 (W/kg). The effect size (Cohen's D) was 0.61, indicating a moderate positive effect size.



**Figure 4.** Bland-Altman plot of between-session reliability, short rest interval.

## Discussion

The primary purpose of this study was to investigate whether the rest interval in Keiser's 10-repetition FV-test is optimal for obtaining a valid result within varied loads for athletes from both handball and typical endurance sports. The secondary objective was to investigate the test-retest reliability. To the author's knowledge, this is the first study to investigate the impact of different rest intervals across varied loads in Keiser's 10-repetition FV-test. The main finding was that subjects improved their performance (W/kg) at low and moderate loads when the test was performed with long rest intervals. In contrast to previous research,<sup>17,19,24</sup> it was unanticipated that long rest intervals during high loads resulted in a decrease in relative power (W/kg) compared to short rest intervals. Based on previous research, it was expected that participants would exhibit decreased performance with shorter rest intervals during repetition 8-10 (high load), as a result of the onset of metabolic fatigue.<sup>13</sup> Inadequate rest intervals between sets and exercises have been shown to compromise muscle ATP-PC repletion<sup>17</sup> and negatively impact hormonal<sup>14</sup> and cardiovascular<sup>15</sup> responses to resistance exercises. Proper rest intervals are also essential to avoid CNS fatigue, to ensure that the attempt can be performed with maximal effort and technique. CNS fatigue may occur in conjunction with muscle damage, which can result in a decline in muscular performance and an increased perception of effort.<sup>26</sup> However, participants demonstrated enhanced performance with shorter rest intervals during high loads - a phenomenon that could be attributed to the athlete's ability to use cognitive strategies. During the execution of testing, the test leader observed that participants struggled to maintain concentration for 3 minutes prior to mobilizing their maximum effort for the next repetition. Several participants commented that long rest intervals made them lose focus and feel they had performed more repetitions than they had. Moreover, participants found longer rest intervals mentally demanding (27 min vs. 2 min 5 sec for short rest), while shorter rest intervals kept them alert and ready to perform. With short rest time, there is barely enough time to get off the machine between the repetitions, and the display counting down rest time provides a mental kick. The test leader's impression was that participants had a higher level of preparatory arousal, and were able to mobilize in a different way, with short rest intervals compared to long rest intervals. The increased arousal level caused by short rest intervals seemed to improve the participants' focus, motivation and physical readiness, leading to enhanced performance and outcomes.<sup>29</sup> This indicates that the arousal level and ability to mobilize diminished with long rest intervals and decreased the participants' level of activation and energy prior to the next repetition. Cognitive strategies have previously been shown to be



particularly effective during 1RM attempts, which may explain the differences observed under high loads.<sup>29</sup> Participants would perhaps experience it differently if rest periods for low and medium loads were set to recommendation for speed and power testing.<sup>17,24</sup> This would have resulted in shorter overall rest time and potentially a greater benefit of rest intervals during high loads. Although cognitive strategies influence strength performance, there is currently a gap in literature regarding specific types of strength, especially muscular power.<sup>29</sup>

Compared to handball athletes, endurance athletes exhibit significantly worse performance during the repetitions with high loads and long rest intervals. This discrepancy may be attributed to the distinct demands of each sport. Handball requires high levels of power and maximal performance while allowing for natural rest periods in a match. The data in Figure 2 suggests that handball players needed longer rest intervals than endurance athletes during high loads to perform optimally. This may be due to the fact that athletes have different experience and capacity in strength training.<sup>3,24,27</sup> Furthermore, figure 3 shows that females demonstrated significantly poorer performance when using long rest intervals during high loads compared to males. This discrepancy may be attributed to genetics and females' ability to use cognitive strategies to mobilize.<sup>29</sup> An additional factor could be the male participants' arousal level, which was observed to be higher during testing, compared to the female participants.

To better interpret the present study's results, it is important to consider how the 10-repetitions in Keiser's FV-test are designed specifically. The Keiser's FV test involves a rest period between each repetition, which means that there is repetition-rest within a long series. This contrasts with traditional testing and resistance training, where it is more common to perform one or more repetitions continuously before a rest interval.<sup>18,22,25</sup> It would be valuable to investigate whether the results would vary if the rest intervals aligned with the recommended rest intervals for the different load levels (low – speed, moderate – power, high – 1RM).<sup>17,24</sup>

The between-session reliability demonstrated significantly better results during the retest. Previous research has shown strong test-retest reliability.<sup>3,22</sup> The results of this study may be explained by the fact that test day 1 was intended for familiarization, and that participants had performed a 1RM test beforehand, which may have caused a degree of fatigue.

## **Practical Applications**

The present study provides novel information about rest interval at varied loads during Keiser's 10-repetition FV-test. This highlights the importance of considering rest periods in relation to the resistance level and making individual adjustments based on the sport and gender during physical testing.<sup>2,18</sup> Practitioners and researchers can utilize the findings from this study to better interpret the test result using Keiser A300. However, some considerations should be made when interpreting the results from the current study.

The study should have included a separate familiarization session for the participants to obtain an even more accurate result of the 1RM test on day 1. In addition, a low number of subjects ( $n = 30$ ) were included in this study. However, we were interested in comparing raw data between performing the FV-test with short and long rest intervals. We considered the total number of repetitions (~ 900) rather than number of subjects, and our methodological approach complied with these terms.

To further develop this area of research, future studies should concentrate on refining the test protocol by adjusting the rest intervals according to low, moderate, and high loads, as compared to the fixed 3 minutes rest intervals used in this study. It would be interesting to conduct a similar study on older participants to examine the influence of age, in addition to further investigating females' ability to mobilize by using cognitive strategies.

## **Conclusion**

This study suggests that the rest interval in Keiser's 10-repetition FV-test is suboptimal for measuring valid results across varied loads for athletes from both handball and typical endurance sports. The main difference emerged during high loads, where the performance of endurance athletes and females decreased with long rest intervals compared to handball and males, respectively. This highlights the importance of considering rest intervals in relation to the load level and making individual adjustments based on the sport and gender. Regarding the test-retest reliability of the FV-test, the assumptions are that the 1RM test during test day 1 influenced the result and may explain deviations from previous studies.

### **Acknowledgments**

The authors would like to thank the participating athletes for their time and effort, and the Norwegian Olympic Federation (Stavanger) for access to facilities and equipment.

## References

1. Earle RW. *Weight training exercise prescription*. In: Essentials of Personal Training Symposium Workbook. Lincoln, NE: NSCA Certification Commission; 2006:3-39.
2. Colyer SL, Stokes KA, Billon JL, Holdcroft D, Salo AI. Training-Related Changes in Force–Power Profiles: Implications for the Skeleton Start. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(4):412–419. doi:10.1123/ijsp.2017-0110
3. Lindberg K, Solberg P, Bjørnsen T, et al. Force-velocity profiling in athletes: reliability and agreement across methods. *PLoS One*. 2021;16(2). doi:10.1371/journal.pone.0245791
4. Young WB. Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2006;1(2):74-83. doi:10.1123/ijsp.1.2.74
5. Morin JB, Samozino P. Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016;11(2):267-272. doi:10.1123/ijsp.2015-0638
6. Samozino P, Edouard P, Sangnier S, Brughelli M, Gimenez P, Morin JB. Force-velocity profile: imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *Int J Sports Med*. 2014;35(6):505-510. doi:10.1055/s-0033-1354382
7. Lindberg K, Solberg P, Bjørnsen T, et al. Force-velocity profiling in athletes: Reliability and agreement across methods. *PLoS One*. 2021;16(2). doi:10.1371/journal.pone.0245791
8. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*. 2000;30(1):1-15. doi:10.2165/00007256-200030010-00001
9. Alcazar J, Csapo R, Ara I, Alegre LM. On the shape of the force-velocity relationship in skeletal muscles: the lineas, the hyperbolic and the double-hyperbolic. *Front Physiol*. 2019;10:769. doi:10.3389/fphys.2019.00769
10. Lindberg K, Solberg P, Bjørnsen T, Helland C, Rønnestad B, Thorsen Frank M, et al. Strength and power testing of athletes: Associations of common assessments over time. *Int J Sports Physiol Perform*. 2022;27:1280-1288. doi: 10.1123/ijsp.2021-0557
11. Redden J, Stokes K, Williams S. Establishing the reliability and limits of meaningful change of lower limb strength and power measures during seated leg press in elite soccer players. *J Sports Sci Med*. 2018;17:539-546. Accessed January 30, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6243620/pdf/jssm-17-539.pdf>

12. Larsen F, Loturco I, Sigvaldsen E, et al. Reliability and validity of different lower-limb strength tests to determine 1RM in the Keiser A300 leg press. *J Strength Cond Res.* 2023. Accessed February 14, 2023.  
[https://www.researchgate.net/publication/367241635\\_Reliability\\_and\\_validity\\_of\\_different\\_lower-limb\\_strength\\_tests\\_to\\_determine\\_1RM\\_in\\_the\\_Keiser\\_A300\\_leg\\_press#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/367241635_Reliability_and_validity_of_different_lower-limb_strength_tests_to_determine_1RM_in_the_Keiser_A300_leg_press#fullTextFileContent)
13. Kraemer WJ, Noble BJ, Clark MJ, Culver BW. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int J Sports Med.* 1987;8:247-252. doi:10.1055/s-2008-1025663
14. Kraemer WJ, Gordon SE, Fleck SJ, et al. Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sports Med.* 1991;12:228-235. doi:10.1055/s-2007-1024673
15. Fleck SJ. Cardiovascular responses to strength training. In: Komi PV, ed. *Strength and Power in Sport.* 2nd ed. Blackwell Science. 2003:387-406.
16. Robinson JM, Stone MH, Johnson RL, Penland CM, Warren BJ, Lewis RD. Effects of different weight training exercise/rest intervals on strength, power, and high-intensity exercise endurance. *J Strength Cond Res.* 1995;9(4):216-221. Accessed December 17, 2022. [https://www.researchgate.net/profile/Michael-Stone-26/publication/232212015\\_Effects\\_of\\_Different\\_Weight\\_Training\\_ExerciseRest\\_Intervals\\_on\\_Strength\\_Power\\_and\\_High\\_Intensity\\_Exercise\\_Endurance/links/5c733b3e458515831f6cc97f/Effects-of-Different-Weight-Training-Exercise-Rest-Intervals-on-Strength-Power-and-High-Intensity-Exercise-Endurance.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Michael-Stone-26/publication/232212015_Effects_of_Different_Weight_Training_ExerciseRest_Intervals_on_Strength_Power_and_High_Intensity_Exercise_Endurance/links/5c733b3e458515831f6cc97f/Effects-of-Different-Weight-Training-Exercise-Rest-Intervals-on-Strength-Power-and-High-Intensity-Exercise-Endurance.pdf)
17. Kraemer WJ. A series of studies-the physiological basis for strength training in American football: fact over philosophy. *J Strength Cond Res.* 1997;11:131-142. Accessed January 4, 2023.  
<https://paulogentil.com/pdf/A%20series%20of%20studies%20-%20The%20physiological%20basis%20for%20strength%20training%20in%20american%20football-fact%20over%20philosophy.pdf>
18. Ratamess N, Brent AA, Kraemer WJ. Progression models in resistance training for Healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41:687-708. Accessed December 18, 2022.  
[https://www.researchgate.net/publication/235653976\\_Progression\\_models\\_in\\_resistance\\_training\\_for\\_healthy\\_adults\\_ACSM\\_position\\_stand?enrichId=rgreq-](https://www.researchgate.net/publication/235653976_Progression_models_in_resistance_training_for_healthy_adults_ACSM_position_stand?enrichId=rgreq-)

- d407c0ffeea046ab464dd6d65677ed28-  
 XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIzNTY1Mzk3NjttBUzo5OTA3MTgwMDk  
 wNTc1MEAxNDAwNjMxOTY2Nzg0&el=1\_x\_2&\_esc=publicationCoverPdf
19. Behm DG, Reardon G, Fitzgerald J, Drinkwater E. The effect of 5, 10, and 20 repetition maximums on the recovery of voluntary and evoked contractile properties. *J Strength Cond Res.* 2002;16:209-218. doi:10.1519/00124278-200205000-00007
  20. Willardson JM, Burkett LN. The effect of different rest intervals between sets on volume components and strength gains. *J Strength Cond Res.* 2008;22(1):146-152. doi:10.1519/JSC.0b013e31815f912d
  21. Collins C. Resistance training, recovery and genetics: AMPD1 the gene for recovery. *J Athl Enhanc.* 2017;6(2). doi:10.4172/2324-9080.1000256.
  22. Lindberg K, Solberg P, Bjørnsen T, et al. Strength and Power Testing of Athletes: A Multicenter Study of Test-Retest Reliability. *Int J Sports Physiol Perform.* 2022;17(7):1103-1110. doi:10.1123/ijsp.2021-0558
  23. Weir JP, Wagner LL, Housh TJ. The effect of rest interval length on repeated maximal bench presses. *J Strength Cond Res.* 1994;8:58-60. Accessed November 25, 2022. [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1994/02000/The\\_Effect\\_of\\_Rest\\_Interval\\_Length\\_on\\_Repeated.9.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1994/02000/The_Effect_of_Rest_Interval_Length_on_Repeated.9.aspx)
  24. Matuszak ME, Fry AC, Weiss LW, et al. Effect of rest interval length on repeated 1 repetition maximum back squats. *J Strength Cond Res.* 2003;17:634-7. doi:10.1519/1533-4287(2003)017<0634:eorilo>2.0.co;2
  25. Haugen T, Hopkins W, Breitschadel F, Paulsen G, Solberg P. Fitness tests and match performance in male ice hockey national league. *Int J Sports Physiol Perform.* 2021;16(9):1303-1310. doi:10.1123/ijsp.2020-0644
  26. Thomas K, Brownstein CG, Dent J, Parker P, Goodall S, Howatson G. Neuromuscular Fatigue and Recovery after Heavy Resistance, Jump and Sprint Training. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(12):2526-2535. doi:10.1249/MSS.0000000000001733
  27. Dabbs NC, Muñoz CX, Tran TT, Brown LE, Bottaro M. Effect of different rest intervals after whole-body vibration on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(3):662-667. doi:10.1519/JSC.0b013e318207eafc
  28. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* 2nd ed. Lawrence Erlbaum Associates; 1988.

29. Tod D, Edwards C, McGuigan M, Lovell G. A systematic review of the effect of cognitive strategies on strength performance. *Sports Med.* 2015;45(11):1589-1602. doi:10.1007/s40279-015-0356-1

## Vedlegg 1: Authorship Guidelines (IJSPP)

The Journals Division at Human Kinetics adheres to the criteria for authorship as outlined by the International Committee of Medical Journal Editors\*:

Each author should have participated sufficiently in the work to take public responsibility for the content. Authorship credit should be based only on substantial contributions to:

- a. Substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data for the work; AND
- b. Drafting the work or revising it critically for important intellectual content; AND
- c. Final approval of the version to be published; AND
- d. Agreement to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Conditions a, b, c, and d must all be met. Individuals who do not meet the above criteria may be listed in the acknowledgments section of the manuscript. \*<http://www.icmje.org/recommendations/browse/roles-and-responsibilities/defining-the-role-of-authors-and-contributors.html>

### Open Access

Human Kinetics is pleased to allow our authors the option of having their articles published Open Access. In order for an article to be published Open Access, authors must complete and return the Request for Open Access form and provide payment for this option. To learn more and request Open Access, [click here](#).

### Submission Fee

As of June 2020, the *International Journal of Sports Physiology and Performance (IJSPP)* requires a nonrefundable submission fee of US \$40 for Original Investigation and Brief Report articles. The fee is collected through the journal's ScholarOne site.

## General Guidelines

### Manuscripts

All manuscripts must be written in English, typed single-spaced in Times New Roman size 12 font with wide margins, and include an abstract of no more than 250 words. Please activate continuous line numbering. Clearly label any figures and submit them as separate files (Word documents, PDFs, Excel files, JPGs, TIFFs, etc). Number all pages in this order: title page (page 1), abstract, text, acknowledgments (if any), references, figure captions, tables. Authors who speak English as an additional language should seek the assistance of a colleague experienced in writing for English-language scientific journals. Carefully proofread the final revision and keep a copy of the manuscript. Do not submit the manuscript to another journal at the same time.

All submissions must be accompanied by a cover letter including the following information:

1. A statement indicating that the manuscript has been read and approved by all the listed co-authors and meets the requirements of co-authorship as specified in the Authorship Guidelines (above).
2. A statement that prior written permission has been obtained for reproduction of previously published material (where appropriate).
3. A statement detailing any potential conflicts of interest (where appropriate).

### Pre-print Repositories and Servers

Human Kinetics does not consider a manuscript's availability on a pre-print server as a disqualifier for submitting to any of our journals as long as the repository or server is noncommercial (not for profit). Note that these manuscripts must still undergo the same peer review process as manuscripts that were not made available via pre-print repository or server. Please see our author resource page for information about



article copyright, open access, sharing your article, and more: <https://journals.humankinetics.com/page/author/authors>

## Style

Manuscripts should be written in first person using the active voice. Writing should be concise and direct. Avoid using unnecessary jargon and abbreviations, but use an acronym or abbreviation if it is more commonly recognized than the spelled-out version of a term. Formats of numbers and units and all other style matters should follow the *AMA Manual of Style*, 10th edition. Measurements of length, height, mass, and volume should be reported in metric units (m, kg). Only standard physiological abbreviations should be used because nonstandard abbreviations are unnecessary and confusing. Avoid abbreviations in the title. The full wording should precede the first use of an abbreviation.

## Peer Review

Manuscripts that do not fall within the scope and mission statement of the journal or fail to comply with the submission guidelines will not enter the formal review process. The corresponding author is required to nominate 3 potential reviewers for the manuscript with suitable expertise in the area addressed by the manuscript. The journal is under no obligation to use any of the nominated reviewers. The corresponding author can also identify up to 3 potential reviewers who might have a potential conflict of interest with the content of the submitted manuscript and/or with one or more of the manuscript co-authors. Manuscripts will be read by the editor, associate editor, and 2 reviewers through a single-blinded review process in which the reviewer's identity is concealed from the submitting authors. In contrast, peer reviewers will have access to all the metadata associated with a submitted manuscript, including the authors' names and affiliations. This process will take 4 to 8 weeks.

## Conflict of Interest

Authors must identify potential conflicts of interest in the areas of financial, institutional, and/or personal relationships that might inappropriately influence their actions or statements. Financial relationships that could form a potential conflict of interest include employment, consultancy, honoraria, and other payments. Personal conflict of interest can relate to personal relationships, academic or sporting competition, and intellectual passion. Authors must disclose potential conflicts of interest to the subjects in the study being reported and state this explicitly in the Methods section of the manuscript. Disclosure of conflict of interest applies to all submissions to *IJSPP*, including original articles, reviews, invited commentaries, and other features.

Authors must state explicitly whether potential conflicts of interest exist. In instances where the study has been funded by a third party with a proprietary or financial interest in the outcomes, the corresponding author should include the following statement in the cover letter accompanying submission: "I had full access to all of the data in this study and take full responsibility for their integrity and analysis." The following statement should be included with the published manuscript in the Acknowledgments section: "The results of the current study do not constitute endorsement of the product by the authors or the journal." The name of any funding agency or company, manufacturer, or third-party institution or organization that provided funding, equipment, or technical support should be stated.

## Article Types

*IJSPP* features the following article types:

### Original Investigation

Traditional investigative articles encompassing experimental or observational research, limited to 3500 words and 30 references. Only studies involving human subjects will be published. As the mission of *IJSPP* is to advance the knowledge of sport and exercise physiologists, sport scientists, sport physicians, and sport-performance researchers, authors need to clearly identify the athletic level and background of subjects and make some statement on the transferability of the outcomes to other athletic cohorts and/or other sports.

## Brief Report

A shorter article encompassing experimental or observational research, a case study, or a detailed technical/analytical report of interest to practitioners, researchers, or coaches, limited to 1500 words, 3 tables or figures, and 12 references. Case studies should describe a single case or a small case series of physiological and/or performance aspects of a highly trained athlete, team, event, or competition. A case study is appropriate when a phenomenon is interesting, novel, or unusual but logistically difficult to study with a sample. The case can exemplify identification, diagnosis, treatment, measurement, or analysis.

## Letter to the Editor

Limited to 400 words and 6 references. Readers wishing to submit commentary or intellectual debate on published articles can do so in the Letters to the Editor section within 6 months of the appearance of the original article. Letters must declare any conflicts of interest. Authors of the original article will be given the opportunity to respond in the same issue of the journal as the letter. When submitting your letter, please use the title “Comment on [Author/Author et al]” or “Response to [Author/Author et al],” adding a subtitle if you wish. Published correspondence might be edited for length and style with approval of editorial changes by the author.

The following features are by invitation only from the editor:

## Brief Review

A concise and insightful review of literature, limited to 4500 words and 50 references. The abstract should at least include the following headings: Purpose, Conclusions. The Brief Review should contain a separate Practical Applications and Conclusions section.

## Invited Commentary

Examining a topic relevant to the research and/or practical aspects of sport physiology and sport performance, limited to 2000 words. The abstract should at least include the following headings: Purpose, Conclusions. The Invited Commentary should contain a separate Practical Applications and Conclusions section.

## Format

### Title Page

The title page should contain the following information:

1. *Title of the article*. The title should accurately reflect the content of the manuscript and be limited to 25 words in length. Authors should include specific and sensitive wording appropriate for electronic retrieval.
2. *Submission type*. Original Investigation, Technical Report, Case Study, or Letter to the Editor.
3. *Full names of the authors and institutional/corporate affiliations*. Do not list academic degrees. Names should be listed as First name Middle initial. Surname (eg, John A. Citizen [or, if appropriate, J. Andrew Citizen]).
4. *Contact details for the corresponding author*. The name, institution, mail address, telephone and fax numbers, and e-mail address of the corresponding author.
5. *Preferred running head*. Limited to 40 characters in length, including spaces.
6. *Abstract word count*. Limited to 250 words.
7. *Text-only word count*. The total word count for the text only (excluding the abstract, acknowledgments, figure captions, and references) (limited to 3500 words).
8. *Number of figures and tables*.

## Parts and Order of the Manuscript

Original Research articles and Brief Reports should include the following elements, in order: Abstract, Introduction, Methods, Results, Discussion, Practical Applications, Conclusions, Acknowledgments (where needed), References, and figure captions, and tables (if any).

*Abstract.* Abstracts must be limited to 250 words or fewer and accurately reflect the content of the manuscript. For reports of original data, include the following headings: Purpose, Methods, Results, and Conclusions. The abstract should provide the context or background for the study and the appropriate details under the specified headings. The results should state the magnitude of effects, precision of estimation, and/or statistical significance. The conclusions should emphasize the practical application of the main findings and not simply restate the results. A list of 5 keywords or phrases, not repeating wording used in the title, should follow the abstract to assist in indexing and cross-referencing of the article.

*Introduction.* The Introduction should provide a succinct statement of the context or background of the study. The justification, practical importance of the study, and specific purpose or research objective should be clearly stated. Secondary objectives can also be presented. The purpose stated as a research question or objective is preferable to an explicit hypothesis. Only pertinent references should be cited, and data or conclusions from the work being reported should not be presented here.

*Methods.* The Methods section should be limited to material available at the time of the study design, whereas information obtained during the study should appear in the Results section. The Methods section should include a description of the design, subject information (including a statement that institutional review board approval was granted, in the spirit of the Helsinki Declaration), interventions, outcome measures, and statistical analyses.

- *Subjects*—The study subjects or participants should be described in terms of number, age, and sex. All investigations with human subjects should conform to the *Code of Ethics of the World Medical Association* (Declaration of Helsinki).
- *Design*—The experimental approach should be clearly stated (eg, randomized controlled study, case study, observational research), as well as the incorporation of control subjects, if appropriate.
- *Methodology*—The methodology, including facilities, equipment, instruments, and procedures, should be presented with sufficient detail to permit an independent researcher to repeat the study. References should be cited for established methods. Sufficient explanatory detail should be provided for new or unconventional methods.
- *Statistical Analysis*—Authors are encouraged to consult a statistician in the planning and analysis phases of the study. The experimental design and statistical methods should be clearly detailed. Sample variability should be reported with standard deviation and uncertainty (or precision) of estimates indicated using confidence limits or intervals. Magnitudes of effects can be shown and interpreted with established criteria. Reporting the clinical or practical significance in a sport setting will help readers determine the real-world value or application of the main findings. Precise *P* values should be shown, as indirect indications such as  $P < .05$  or  $P = NS$  are unacceptable and difficult for other researchers undertaking meta-analyses. Results should be reported so the number of digits is scientifically relevant. Standard and nonstandard statistical terms, abbreviations, and symbols should be defined and details of computer software provided.

*Results.* The results should be presented in a logical sequence, giving the most important findings first and addressing the stated objectives. Do not duplicate results between the text and the figures or tables. Use graphs to summarize large amounts of information, and avoid creating large tables of numeric data. Avoid inappropriate use of statistical terms such as *random*, *significant*, *normal*, *sample*, and *population*.

*Discussion.* Authors should emphasize new and important findings of the study and the practical applications and conclusions that follow from them. Material from the Results section should not be repeated, nor new material introduced. The relevance of the findings in the context of existing literature or contemporary practice should be addressed.

*Practical Applications.* The Practical Applications section is an important feature of manuscripts published in *IJSP*. Authors should summarize how the findings could be useful for coaches and athletes and/or other researchers in sport physiology and sport performance. The study's limitations and generalizability should also be addressed and, where necessary, recommendations made for future research.

*Conclusions.* Only include conclusions supported by the study findings.

*Acknowledgments.* List individuals making a limited contribution to the study, with their institutional affiliations and a brief statement of their involvement. These might include individuals who provided technical assistance, expert opinion, access to facilities and equipment, manuscript review, and/or coaches and athletes (subjects) involved in the study. Acknowledge any financial and material support, providing specific details of research grants if appropriate. All individuals cited in the acknowledgments should be advised of their inclusion before submission, because their appearance in this section can be inferred as endorsement of study findings and applications.

*References.* Designate each citation in the text by a superscripted numeral, and provide full and accurate information in the reference list. Limit references to published works or papers that have been accepted for publication; usually this can be achieved with fewer than 30 references, although review papers might have more extensive reference lists. Order the reference list in the order the works are first cited, numbered serially, with no repeated entries in the list. Entries in the reference list should follow the latest edition of the *AMA Manual of Style*. Examples of the main types of publications follow:

- *Journal articles*—Cordova ML, Jutte LS, Hopkins JT. EMG comparison of selected ankle rehabilitation exercises. *J Sport Rehabil.* 1999;8:209–218.
- *Book references*—Pearl AJ. *The Female Athlete*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1993.
- *Chapter in an edited book*—Perrin DH. The evaluation process in rehabilitation. In: Prentice WE, ed. *Rehabilitation Techniques in Sports Medicine*. 2nd ed. St Louis, MO: Mosby Year Book; 1994:253–276.

*Figures and Tables.* Provide each figure and table with a brief caption or title that defines all abbreviations used within it. Figures and tables must be numbered and called out in the text in consecutive numerical order. Figures should be in JPG or TIF format and no larger than approximately 19.5 cm (7.5 in.) by 23.5 cm (9.5 in.), which is the size of the print area on a single journal page, with all labels then legible at that size. Figures should be professional in appearance and have clean, crisp lines. Hand drawing and hand lettering are not acceptable. Although our online articles support color figures, bear in mind that the journal prints in black and white, and most color PDFs will be printed in black and white. Make sure that any color figures submitted will be interpretable in grayscale/black and white. Photographic images should be at a resolution of 300 dots per inch (dpi) for full-size photos and 600 dpi for line art. Figure captions must be listed separately, on a page by themselves; however, each figure must be clearly identified (numbered), preferably as part of its filename. Authors are urged to submit illustrations rather than tables. When tabular material is necessary, it should not duplicate the text. Tables must be prepared using Microsoft Word's table-building functions. Tables should be single-spaced, include brief titles, and be uploaded as separate files. Explanatory notes should be shown in footnotes below the table. Authors wishing to reproduce previously published material should obtain prior written permission to reprint from the copyright holder(s) of the figure or table. The phrase "used by permission" should appear in the caption of the figure or table.

## Copyright Transfer

Authors of manuscripts accepted for publication will be required to transfer copyright to Human Kinetics, Inc. This transfer of copyright form will be provided to authors.

## Vedlegg 2: Overbygging

### Innholdsfortegnelse

Utdypende teori .....	30
Styrketrening og testarbeid.....	30
Utholdenhet vs. Håndball .....	32
Alder og kjønn.....	33
Mental energi som påvirkningskraft .....	34
Spenningsnivå og prestasjon .....	35
Kognitive strategier .....	36
Visualisering.....	37
Indre dialog .....	37
Målsetting.....	38
Metodisk utdypning og diskusjon .....	39
Pilot .....	39
Familisering.....	39
1RM testprotokoll .....	39
Flere enn 10. repetisjoner .....	40
Etikk .....	41
Dataanalyse .....	41
Supplerende resultater og diskusjon.....	43
Forsøkspersoner .....	46
Andre momenter.....	46
Referanseliste .....	47

## Utdypende teori

### Styrketrening og testarbeid

Fysisk testing er en viktig del av treningsprosessen til idrettsutøvere og trenere. Hensikten med fysisk testing er flere, og ett viktig formål er å identifisere utøverens styrker og svakheter (arbeidskravs- og kapasitetsanalyse). I forkant og etterkant av hver treningsperiode bør en gjennomføre relevante tester hvor hensikten er å undersøke om treningen har gitt ønsket virkning. (McGuigan, 2016a). For at et testresultat skal kunne brukes som beskrevet ovenfor, er det flere kriterier en test bør tilfredsstillende. En god test bør være relevant, valid (gyldig, måle det man ønsker at den skal måle) og reliabel (pålitelig) for formålet den er designet for (Baumgartner & Jackson, 2007). Testen bør også være enkel å gjennomføre, uten skaderisiko og ta hensyn til individuelle forskjeller som alder, kjønn og fysisk form (McGuigan, 2016a). For å sikre god validitet og reliabilitet er det flere forhold som man bør ta hensyn til. Det er grunnleggende med en standardisert testprotokoll som i detalj beskriver hvordan testen skal gjennomføres. Deltakerne bør gjennomgå en familisering av test-protokollen for å unngå at tilvenning påvirker resultatet fra pre- til post-test. Utøverens forberedelser bør være så identiske som mulig for å ikke påvirke testresultatet. Dette gjelder i form av treningsbelastning de siste 2-3 dagene, næringsinntak, personlig utstyr (klær og sko), og samme oppvarming hver gang (McGuigan, 2016a). Teknisk utstyret som benyttes under testingen må kontrolleres og kalibreres for å sikre god reliabilitet og validitet (Hopkins, 2000). Under selve gjennomføringen av testing er det vesentlig at ytre forhold er så like som mulig og det er fordelaktig om testen foregår på samme sted til samme tid for å unngå svingninger i fysiologiske responser på grunn av forskjeller i døgnrytme (Reilly & Waterhouse, 2009). Dersom tester kan gjennomføres innendørs anbefales dette for å holde klimaet og omgivelsene mer konsistente. Dersom det gjennomføres flere tester (et testbatteri) bør de gjennomføres i samme rekkefølge og med lik pausetid mellom ulike testforsøk og ulike tester. Et grunnleggende prinsipp under testing er at en test ikke skal påvirke resultatet av den påfølgende testen. Dette for å optimalisere prestasjonen og produsere resultater som er sammenlignbare. For eksempel vil tester som i stor grad påvirker fosfagensystemet kreve 3-5 minutters pause for fullstendig restitusjon (Bogdanis et al., 1995; Dawson et al., 1997). Derimot vil en utmattende test av det anaerobe glykolytiske energisystemet kreve minimum 1 time pausetid for fullstendig restitusjon (Buchheit & Laursen, 2013). Derfor bør tester som stiller høye krav til fosfagensystemet, eksempelvis agility tester, gjennomføres før tester som vil føre til utmattelse (eksempelvis, styrkeløft, 1RM tester) (McGuigan, 2016a). All testing bør utføres på en trygg og god måte. I tillegg bør et

testlaboratorium ha tilgang til førstehjelpsutstyr og medisinsk personell. Deltakerne bør være motiverte for å gjennomføre testen, og testlederen kan være en påvirkningskraft til både motivasjon og konsentrasjon. Derfor bør testlederen være den samme ved gjentatte tester slik gjennomføringen og veiledningen blir så lik som mulig. Testlederen bør ha god kjennskap til utstyret som benyttes og gjennomføre testen i henhold til standardisert testprotokoll (McGuigan, 2016a).

Muskelstyrke kan defineres som den maksimale kraften en muskel eller muskelgruppe klarer å utvikle ved en bestemt hastighet og type av muskelaktivering (Knuttgén & Kraemer, 1987). Det er vanlig å dele muskelstyrke inn i hovedkategoriene maksimal styrke og eksplosiv styrke. Maksimal styrke er den største kraften en utøver klarer å utvikle ved eksentriske, konsentriske eller isometriske muskelaksjoner. Testing av maksimal muskelstyrke innebærer som oftest høy ytre belastning og relativt lav forkortningshastighet målt ved å teste 1 repetisjon maksimum (1RM) i den aktuelle øvelsen (Baker & Newton, 2004). Eksplosiv muskelstyrke omtales som evnen til å utvikle kraft hurtig gjennom stor forkortningshastighet i involverte muskler. Begrepene spenst og hurtighet er nært relatert til eksplosiv styrke og innbefatter lav til middels ytre belastning ved styrketrening (Baker & Newton, 2004). Den største hastigheten oppnås vanligvis ved en belastning på ca. 50% av 1RM under utførelsen av styrkeøvelser (Suchomel et al., 2021).

Generelt kan muskelstyrke måles ved ulike metoder gjennom forskjellige aksjonsformer og hvor fokuset omhandler den maksimale styrken eller den eksplosive styrken. Tester rettet mot eksplosiv styrke (frivending, rykk, støt, spenstøvelser, osv.) tar ca. 1 sekund å gjennomføre, mens tester for den maksimale styrken med lavere hastighet tar ca. 2-4 sekunder å fullføre (benkpress, knebøy, markløft, osv.). Dette fører til at fosfokreatin og adenosintrifosfat (ATP) lagret i de aktive musklene er den primære næringskilden ved bruk av begge testformene (McGuigan, 2016b). Testøvelsene må gjennomføres med riktig teknikk både for å ivareta validiteten, men også for utøverens sikkerhet. Testing av maksimal styrke bør foregå under kontrollerte forhold hvor sikkerheten er ivaretatt. Dette gjelder spesielt for øvelser som knebøy, markløft og benkpress som stiller store krav til nevro-muskulær koordinasjon (Freitar de Salles et al., 2009). Fysiske tester kan gjennomføres både med og uten ytre belastning, med frivekter og tilpassede treningsapparater. Sammenlignet med frivekter, er ofte apparater sett på som sikrere og teknisk enklere å gjennomføre (Ratamess et al., 2009). Keiser A300 er eksempel på et benkpress apparat som stiller mindre krav til teknisk innlæring sammenlignet med knebøy

med olympisk vektstang hvor den ytre belastningen hviler på skuldrene til utøveren, og feil teknikk øker skaderisikoen. I motsetning til knebøyens vertikale bevegelse skaper benpress apparatet en horisontal press-bevegelse som reduserer skaderisikoen (Ratamess et al., 2009).

Treningstilpasning er en prosess der kroppen tilpasser seg og responderer på treningsbelastningen den blir utsatt for. Når det gjelder styrketrening, er det viktig å merke seg at tiden det tar før man ser utbytte av treningen og behovet for restitusjon kan variere avhengig av flere faktorer, inkludert individuelle forskjeller, treningsprogram, intensitet, frekvens og volum (Hughes et al., 2018). Nybegynnere kan forvente å se resultater av styrketrening i løpet av 2-4 uker med systematisk styrketrening. Dette skyldes primært nevromuskulære tilpasninger, i form av økt muskelaktivering og muskelkoordinasjon i utførelsen av styrkeøvelser. Generelt kan man forvente treningstilpasning etter 8-12 uker med systematisk styrketrening, dette i form av økt muskelstyrke og økt muskeltversnitt (Hughes et al., 2018).

Et testresultat målt i watt er et resultat av både kraft (force) og hastighet (velocity) på det utførte arbeidet. Ved en vertikal spensttest avhenger høyden på hoppet av kraften som legges ned i bakken og hastigheten utøveren forlater bakken med. En treningsperiode bestående av styrketrening kan resultere i at resultatet på testen ikke forbedrer seg. Dette kan tolkes som at utøveren ikke har hatt positiv effekt av treningen og at kraftproduksjonen er uendret. Realiteten kan være at utøveren har økt kroppsvekten sin, men fremdeles hopper like høyt, noe som indikerer samme hastighet, men økt kraft. Å utføre arbeidet med mer kroppsmasse og samme hastighet krever større watt-produksjon. Dette er viktige faktorer å overveie når testresultater analyseres og dersom man sammenligner utøvere og test-resultater (McGuigan, 2016b).

### **Utholdenhet vs. Håndball**

Maksimal og eksplosiv muskelstyrke er essensielle fysiske ferdigheter for idrettsutøvere som konkurrerer på et høyt nivå i flere ulike idretter (Young, 2006). Sammenlignet med utholdenhetsidretter hvor arbeidskravene i større grad er målbare og prestasjonen måles ved å ta tiden på en bestemt distanse, så er håndball en kompleks idrett som påvirkes av flere fysiske, psykologiske, taktiske og tekniske faktorer (Michalsik et al., 2013). Spillerne kan ha ulike kvaliteter som gjør at de presterer på et høyt nivå, og på bakgrunn av dette er det vanskelig å utarbeide én arbeidskravsanalyse som vil være gjeldende for et gitt prestasjonsnivå i håndball. To bakspillere kan eksempelvis ha ulike fysiske ferdigheter, men ha individuelle spisskompetanser som gjør at de har ulik spillestil og tilpasser seg prestasjonsnivået deretter.



En håndballkamp består i stor grad av perioder med lav intensitet (70-75% av kamptiden) hvor spillerne går eller står helt stille. Disse periodene forekommer når det er stopp i spillet eller i spillets oppbyggende fase (Michalsik et al., 2015a). De mest betydningsfulle fasene av spillet påvirkes imidlertid av høyintensive og eksplosive aksjoner (1-2% av kamptiden). På bakgrunn av dette regnes styrke og kraft som avgjørende faktorer for prestasjonsnivået i håndball (Michalsik et al., 2015b).

### **Alder og kjønn**

Tidligere studier har vist at 1RM testing av barn og ungdom kan gjennomføres dersom strenge retningslinjer blir fulgt med tanke på oppvarming, individuell tilpasset belastning, og oppfølging av autorisert testpersonell (Faigenbaum et al., 2003; Kravitz et al., 2003; Sadres et al., 2001). Dårlig teknisk utførelse kan påføre utøverne unødvendig belastning på muskel- og skjelettvev, som kan resultere i skader (Loyd et al., 2016). Et alternativ til en 1RM test er multiple submaksimale repetisjoner (3RM, 5RM eller 10RM). En submaksimal test vil redusere den ytre belastningen og dermed også skaderisikoen. Denne testmetoden stiller fremdeles krav til at teknikken opprettholdes gjennom alle repetisjonene (Loyd et al., 2016). Dersom man ikke ønsker å benytte ytre belastning under testing på unge utøvere kan ulike spenstester være et alternativ. Slike tester har tidligere vist signifikant korrelasjon til 1RM verdier blant unge utøvere (Castro-Piñero et al., 2010; Milliken et al., 2008).

For trenere er det viktig å ha en grunnleggende forståelse av forskjellene i fysikk, kroppssammensetning og fysiologiske responser på styrketrening mellom menn og kvinner (Loyd et al., 2016). Før puberteten er det ingen eller små forskjeller i høyde, vekt og kroppssammensetning mellom gutter og jenter. Så fort puberteten starter blir det til dels store kroppslige forskjeller mellom gutter og jenter forårsaket av hormonendringer. Gjennom puberteten øker produksjonen av østrogen blant jenter og resulterer i økt fettmasse. Hos gutter fører økning i testosteronnivå til høydevekst og protein syntese (Loyd et al., 2016). Gjennomsnittlig har voksne kvinner mer kroppsfett, lavere kroppsvekt, mindre muskler, og lavere beintetthet enn menn. Dersom man sammenligner testresultater mellom kjønnene, er det viktig skille mellom absolutte og relative målinger. Når det gjelder absolutt styrke, har kvinner generelt rundt 2/3 av styrken til menn (Lauback, 1976). Kvinners absolutte styrke i underkroppen er nærmere mennenes målinger, sammenlignet med den absolutte styrken i overkroppen. Kjønnforskjeller knyttet til kroppssammensetning, kroppshøyde, og fettfri massefordeling (kvinner har mindre muskelmasse over hoften) kan forklare det meste av disse

kjønnsrelaterte prestasjonsforskjellene (Bishop et al., 1987). Dersom man sammenligner kjønnsforskjellene med hensyn til relative verdier, er de betydelig utjevnet. For muskelstyrke i underkroppen er relativ styrke lik for kvinner og menn, mens den for overkroppen fremdeles er mindre (Holloway, 1998). Fordi gjennomsnittlig kroppsvekt for menn og kvinner er betydelig forskjellig, er det nyttig å sammenligne kjønnsforskjeller i relativ styrke basert på kroppsvekt (Loyd et al., 2016). Gjennom styrketrening kan kvinner øke muskelstyrken i samme grad som menn, og ettersom de fysiologiske egenskapene i musklene mellom kjønnene er like, er det ingen grunn til at styrketrening skal gjennomføres annerledes for kvinner enn menn (Loyd et al., 2016).

Kissow et al. (2022) viser til hvordan kvinner påvirkes av menstruasjonssyklusen under trening, og da spesifikt effekten av styrketrening som er tilpasset henholdsvis follikulærfasen og lutealfasen. Studien viser at å tilpasse treningsprogrammet i henhold til de forskjellige fasene av menstruasjonssyklusen kan ha innvirkning på treningsresultatene. I follikulærfasen, preget av høyere østrogennivåer, ble det observert en større økning i muskelstyrke sammenlignet med lutealfasen. Videre førte trening i follikulærfasen til større økning i muskelmasse sammenlignet med lutealfasen. Disse funnene tyder på at tilpasning av treningsbelastning i henhold til hormonelle endringer i menstruasjonssyklusen kan være gunstig for å optimalisere muskelstyrke og masseøkning. Resultatene understreker betydningen av å ta hensyn til hormonelle endringer og tilpasse treningen deretter for å oppnå ønskede treningsresultater. Oleka (2019) fremhever også viktigheten av å ta hensyn til energinivåer og restitusjon i forskjellige faser av syklusen for å unngå overtrening og skader. Ved å bruke menstruasjonssyklusen som en veiledning for treningen, kan kvinnelige idrettsutøvere dra nytte av optimalisert ytelse og redusert skaderisiko. Det er imidlertid behov for mer forskning for å få en dypere forståelse av de spesifikke mekanismene og optimale tilpasninger av trening basert på menstruasjonssyklusen.

### **Mental energi som påvirkningskraft**

For at idrettsutøvere skal prestere på et så høyt nivå som mulig er det grunnleggende at de har kontroll over deres mentale og fysiske energinivå. Utøvere som tappes for energi gjennom bekymringer, sinne, frustrasjon, eller angst har større sannsynlighet for å bli påvirket av distraksjoner og dårlig selvtillit. Dette fører igjen til mindre fysisk energi som kan påvirke prestasjonen (Gould & Udry, 1994). Dermed er viktigheten av å opprettholde evnen til selvkontroll og håndtere den mentale energien i en prestasjonssituasjon en avgjørende ferdighet

for idrettsutøvere (Statler & DuBois, 2016). Mental energi skapes, opprettholdes, og tappes gjennom utøvernes følelser. Følelser eller emisjoner blir sett på som midlertidige subjektive sinnstilstander som påvirker en person både fysiologisk og psykisk (Gill & Williams, 2008). Hvordan følelser tolkes kan dermed påvirke både den mentale og fysiske energien, som igjen kan ha positiv eller negativ innvirkning på idrettslig prestasjonsnivå. Når følelsene til en utøver gjør at han/hun blir spent og motivert, øker mestringstroen og skaper engasjement som kan øke prestasjonsnivået. På en annen side kan for mye følelser (f.eks. overtenning) eller ingen følelser (f.eks. lite engasjement) påvirke prestasjonsnivået negativt. Tilsvarende vil også forekomme dersom en utøver mister kontroll over følelsene sine på grunn av sinne eller frustrasjon (Statler & DuBois, 2016).

### **Spenningsnivå og prestasjon**

En idrettsutøver blir utsatt for både kjente og ukjente situasjoner gjennom trening og konkurranse. Graden av spenning, angst, og stress hos utøveren vil variere avhengig av hvilken situasjon utøveren står ovenfor, og vil være med på å bestemme utfallet av situasjonen. En utøver vil mest sannsynlig oppleve ulikt spenningsnivå før en vanlig trening sammenlignet med en viktig konkurransesituasjon. Spenningsnivå er en kombinasjon av fysiologisk og psykologisk aktivering, og referer til intensitet og motivasjonsnivå på et gitt tidspunkt (Weinberg & Gould, 2015). En indikasjon på hvilket spenningsnivå en utøver har på et gitt tidspunkt kan måles ved hjelp av, puls, blodtrykk, elektroencefalografri (EEG), elektromyografi (EMG), og katekolamin nivå, eller selvrapportert opplevelse (Weinberg, 2010). Angst kan påvirke spenningsnivået og beskrives som en ubehagelig emosjonell tilstand karakterisert av frykt, spenning og usikkerhet som kan oppstå før, under eller etter en prestasjon. Dette kan føre til fysiologiske reaksjoner som økt hjerterefrekvens, svette og muskelspenninger, og kan påvirke utøverens ytelse og opplevelse av en situasjon (Weinberg & Gould, 2015). En utøver som ikke lider av angst vil i større grad ha kontroll over spenningsnivå sitt og kan optimalisere dette for å øke prestasjonen, sammenlignet med en utøver som har angst. For utøvere som lider av angst er spenningsnivået ofte utenfor deres kontroll og hemmer prestasjonen (Statler & DuBois, 2016). Stress kan defineres som en tilstand av mentalt eller emosjonelt press som følge av kravene og forventningene til en utøver ikke korresponderer med kapasiteten/ferdighetene (Selye, 1983). Stress kan være både positivt og negativt for utøverens prestasjoner, avhengig av mengden og typen stress som oppleves. Negativt stress kan føre til angst som igjen vil påvirke spenningsnivået. Positivt stress eller «gledessstress» referer til følelsen av spenning eller utfordring som oppleves positivt og motiverende, og som kan øke yteevnen og prestasjonen til

en utøver. Dette kan for eksempel være følelsen man får før en viktig kamp, der man opplever at man er mentalt skjerpet og klar til å prestere på sitt beste (Statler & DuBois, 2016).

Spenningsnivå blir ofte omtalt sammen med angst og stress, og er begreper som hører sammen og påvirker hverandre. For trenere og utøvere er det viktig å identifisere hvordan disse følelsene påvirker prestasjonen, og hva som er gunstig spenningsnivå for den enkelte (Statler & DuBois, 2016). Clark Hull presenterte en teori om at når et individs spenningsnivå øker, øker også prestasjonen (Spence & Spence, 1966). Dette kan stemme til spenningsnivået har økt til en viss grad, men for høyt spenningsnivå (overtenning), eksempelvis kan føre til at en håndballspiller er for aggressiv i det defensive spillet og pådrar seg unødvendige utvisninger. Yerkes og Dodson (1908) utarbeidet omvendt-U teorien som beskriver forholdet mellom prestasjonsnivå og spenningsnivå, som også tar høyde for «overtenning». Ifølge denne teorien vil økt spenningsnivå forbedre prestasjonsnivået, men bare til et visst punkt. Når spenningsnivået øker utover dette punktet, vil prestasjonsnivået begynne å avta. Dette skyldes at for høy grad av aktivering kan føre til at utøveren blir for anspent eller nervøs, og dermed ikke klarer å prestere på toppnivå. Optimalt spenningsnivå er individuelt og avhenger av utøverens prestasjonsnivå, erfaring, og kompleksiteten knyttet til oppgaven som skal utføres. Når utøvere gjennomfører kjente eller teknisk lite krevende oppgaver, kan et høyt spenningsnivå være fordelaktig. For eksempel vil det være fordelaktig med et høyere spenningsnivå i vektløfting enn i golf. Samtidig vil en teknisk krevende øvelse som frivending dra nytte av et lavere spenningsnivå enn ved benpress i en maskin. Uerfarne utøvere som skal utføre komplekse oppgaver som det stilles store krav til eksempelvis teknikk, bør ikke ha et for høyt spenningsnivå for å mestre oppgaven (Weinberg & Gould, 2015). Optimalt spenningsnivå er lavere for uerfarne utøvere enn erfarne utøvere (Statler & DuBois, 2016).

## **Kognitive strategier**

For at idrettsutøvere skal kunne prestere på et høyt nivå stiller det krav til både fysiske, tekniske, taktiske og psykiske faktorer (Statler & DuBois, 2016). Innenfor idrettspsykologi er mental trening blitt en vanlig metode blant toppidrettsutøvere, og da gjerne bruken av kognitive strategier (Mellalieu & Shearer, 2012). Kognitive strategier refererer til selvstyrte mentale intervensjoner som brukes før eller under konkurranse/testing for å forbedre prestasjonen. Forskere har identifisert visualisering, indre dialog, og målsetting som typiske prestasjonsfremmende kognitive strategier idrettsutøvere bruker før utførelse av styrkebaserte

øvelser (Tod et al., 2015). Formålet med disse strategiene er å finne riktig spenningsnivå og øke selvtilliten knyttet til oppgaven de står ovenfor (Shelton & Mahoney, 1978). Gjennom kognitive strategier kan idrettsutøvere tilegne seg verktøy som kan øke selvtilliten, motivasjonen, og bidra til å kontrollere følelsene sine, som igjen kan øke sannsynligheten for å mestre oppgaven (Tod et al., 2015).

### **Visualisering**

Visualisering kan defineres som en kognitiv strategi hvor utøveren lager eller reproducerer en opplevelse i hans eller hennes sinn (Weinberg & Gould, 2015). Det innebærer å lage mentale bilder av seg selv som utfører en bestemt øvelse eller oppgave på en best mulig måte. Ved å visualisere suksess i sinnet, kan idrettsutøvere øke selvtilliten og selvfølelsen sin som kan bidra til å redusere angst og forberede seg mentalt på konkurranser, trening eller testing. Visualisering kan også hjelpe idrettsutøvere med å forbedre teknikken sin og lære nye ferdigheter (Statler & DuBois, 2016).

### **Indre dialog**

Indre dialog eller selv-prat er kommunikasjon man har med seg selv, og teknikken er rettet mot å fremme følelsen av mestringsevne som igjen påvirkes av fokus, motivasjon og spenningsnivå (Weinberg & Gould, 2015). Det er hva vi sier til oss selv, enten høyt eller inne i hodet vårt, som gir retning for vår atferd og prestasjoner. Det varierer hvor bevisst vi er denne dialogen, men den påvirker oss hele tiden, og det er derfor nyttig å bli bedre kjent med hva samtalen inneholder (Statler & DuBois, 2016). Selv-prat kan kategoriseres som positiv, negativ, eller instruksjonell, og kan være både spontan eller mer målrettet brukt for å skape endret humør, spenningsnivå eller oppførsel (Van Raalte, 2010). Positiv selv-prat inkluderer utsagn som er oppmuntrende (f.eks. «Kom igjen»), motiverende (f.eks. «Dette klarer jeg»), eller forsterkende (f.eks. «Jeg er klar») og har til hensikt å vekke positive følelser. Negativ selv-prat (f.eks. «Jeg er dårlig», «Dette klarer jeg ikke») kan skape sinne, motløshet, tvil eller dårlig dømmekraft. Instruksjonell selv-prat handler om å skape fokus, gjerne mot en bestemt teknisk utførelse (f.eks. «Hold ryggen rett», «Press gjennom hælene») (Statler & DuBois, 2016). Van Raalte (2010) viser til at positiv og instruksjonell selv-prat kan forbedre prestasjonen til idrettsutøvere, men at det er store individuelle forskjeller. Negativ selv-prat derimot er assosiert med svakere prestasjon som trigger negativ emosjonell energi og senker selvtilliten. På bakgrunn av dette bør idrettsutøvere bevisstgjøre seg sin indre dialog og hvordan den påvirker prestasjonen, for så å modifisere den indre dialogen på en mest hensiktsmessig måte.

## Målsetting

Målsetting innen idrett er en prosess hvor en utøver setter seg mål for å forbedre ytelsen sin på en bestemt oppgave og kan øke sannsynligheten for suksess (Locke & Latham, 1985). Det er vanlig å arbeide med målsetting gjennom å sette seg følgende mål (Statler & DuBois, 2016):

1. **Prosessmål:** Dette er mål som er relatert til selve prosessen eller arbeidet for å oppnå målet. Utøveren har selv kontroll over prosessen og utfallet er sterkt avhengig av innsats.
2. **Resultatmål:** Dette er mål som er relatert til det endelige resultatet av en konkurranse eller prestasjon. Resultatmålet har utøveren mindre kontroll over, da utfallet også påvirkes av andre involverte parter (motstandere, medspillere, osv.).
3. **Kortsiktige mål:** Dette er mål som kan nås relativt raskt, vanligvis innen noen få uker eller måneder.
4. **Langsiktige mål:** Dette er mål som tar lengre tid å nå, vanligvis ett år eller mer. De kortsiktige målene bør lede til det langsiktige målet.

Både prosess- og resultatmål kan anvendes innen styrketrening. Et eksempel på dette kan være å vektlegge teknikk under øvelsen frivending som illustrerer en prosessorientering, mens å kun fokusere på å fullføre settet illustrerer en resultatorientering (Statler & DuBois, 2016). Det er viktig å ha en kombinasjon av ulike måltyper for å oppnå en balansert tilnærming til treningen og prestasjonene. Målsetting hjelper idrettsutøvere med å rette oppmerksomheten på hva som er viktig for å oppnå suksess, og gir dem motivasjon og retning for treningen og konkurransene. Det er viktig å sette realistiske mål som er utfordrende, men oppnåelige, og som tar hensyn til utøverens nåværende ferdighetsnivå (Statler & DuBois, 2016).

## Metodisk utdypning og diskusjon

### Pilot

Før den endelige testprotokollen ble fastsatt ble det gjennomført to piloter som hadde til hensikt å sikre validiteten og reliabiliteten til studien. Pilotene ble gjennomført på samme sted og i samme apparat, med tilsvarende deltagere som skulle være med i studien. Fra pilot 1 til pilot 2 ble blant annet oppvarmingsprosedyren endret fra sykkel til romaskin for at bevegelsesmønsteret i større grad skulle ligne på den faktiske øvelsen i Keiser sin benpressmaskin. Det var også nødvendig med to piloter for å få tilstrekkelig kjennskap til softwaren og det tekniske knyttet til Keiser A300 for å unngå feilmålinger. Under pilot 1 ble det også gjennomført en ekstra test hvor hensikten var at deltakerne skulle gjennomføre så mange repetisjoner som mulig på 85% av 1RM. Hensikten var å se på om det var en sammenheng mellom antall gjennomførte repetisjoner og prosenten av 1RM. Denne testen ble fjernet før pilot 2 for å spisse fokuset i studien.

### Familisering

I selve artikkelen diskuterer jeg effekten av familisering, og at test-retest reliabiliteten antageligvis ble påvirket av for dårlig familisering av testprotokollen. Sett i ettertid burde det vært gjennomført en egen familiseringsøkt for deltakerne hvor de ble kjent med apparaturen og hele testprotokollen for å få enda mer konsistente resultater. Etter at deltakerne hadde tilvennet seg apparaturen burde det ideelt sett blitt avholdt en egen testdag for å gjennomføre 1RM testen. Dette for å få et enda mer nøyaktig 1RM resultat, og for å unngå at 1RM testen virket utmattende før 10-repetisjonstesten (testdag 1) som nå ble gjennomført på samme tidspunkt. Tidligere forskning med Keiser A300 som testapparat har ikke inkludert de nevnte elementene i form av en egen familiariseringsøkt (Lindberg et al., 2022; Larsen et al., 2023). Disse studiene har imidlertid benyttet standardisert oppvarming og detaljerte instruksjoner som en del av familiariseringsprosessen. I denne studien ble det besluttet å ikke ha en separat økt for familiarisering, hovedsakelig basert på metodene brukt i tidligere forskning. Likevel kan den relativt unge alderen til deltakerne sammenlignet med tidligere studier forklare behovet for grundigere familiariseringstiltak.

### 1RM testprotokoll

Studien fulgte Earl (2006) sin testprotokoll for å estimere 1RM hos deltakerne. Denne protokollen representerer en standardisert testprosedyre som definerer hvordan testen skal

gjennomføres i henhold til oppvarming, belastningsøkning, pausetid mellom forsøkene og retningslinjer for mislykkede forsøk. Det reises spørsmål om belastningsøkningene som er beskrevet i protokollen for hvert trinn frem til maksimal belastning er nådd, og om denne kan ha påvirket noen av deltakerne sitt testresultat. Earl (2006) sin protokoll består av følgende:

1. Oppvarming med lav belastning (5-10 repetisjoner), etterfulgt av 1 min pause
2. Estimerer en belastning som tillater 3-5 repetisjoner, 2 min pause
3. Estimerer en tilnærmet maksimal belastning ved å øke belastningen med 14-18 kg (10-20%) som tillater 2-3 repetisjoner, 2-4 min pause
4. Øker belastningen med 14-18 kg (10-20%) og gjennomfører et 1RM forsøk, 2-4 min pause
5. Dersom forsøket lykkes, legger man inn 2-4 min pause og går tilbake til punkt 4. Dersom forsøket mislykkes har man 2-4 min pause før man reduserer belastningen med 7-9 kg (5-10%) før man på ny gjennomfører et 1RM forsøk.
6. Belastningen justeres gradvis opp eller ned i henhold til punkt 4 og 5 inntil utøveren oppnår maksimal motstand med tilstrekkelig teknisk utførelse i et 1RM forsøk. En ideell fremgangsmåte vil være at utøveren oppnår sin 1RM i løpet av 3-5 forsøk.

Protokollen viser til at man skal øke belastningen med 14-18 kg før man gjør et nytt 1RM forsøk. Det er tenkelig at en utøver ikke er i stand til å håndtere en så stor økning, men en økning på 5 kg ville vært oppnåelig. McBride et al. (2002) brukte en lignende protokoll som Earl (2006) i sin studie, men med en mindre belastningsøkning (2.5-20 kg) før hvert 1RM forsøk. Når en utøver nærmer seg sin 1RM, kan en økning på 2.5 kg øke sannsynligheten for et vellykket forsøk som er så nøyaktig som mulig, i forhold til en økning på 14 kg som var minste belastningsøkning i Earl sin protokoll.

### **Flere enn 10. repetisjoner**

Tre av jentene (1 håndballspiller og 2 utholdenhetsutøvere) som deltok i studien klarte flere enn 10 repetisjoner under henholdsvis testdag 2 og 3. Håndballspilleren fullførte 11 repetisjoner på testdag 2 med korte pauser. En av utholdenhetsutøverne gjennomførte det samme antall repetisjoner på testdag 3, men med lange pauser, mens den andre utholdenhetsutøveren klarte å fullføre 12 repetisjoner på testdag 2 med korte pauser. I Keisers 10-repetisjonstest øker belastningen med 9% fra den 10. til den 11. repetisjonen. Eksempelvis tilsvarer dette en vektøkning fra 200 kg til 218 kg for en av disse jentene.



Da analysen av dataene til de tre deltakerne ble gjennomført, ble repetisjon nummer 11 og 12 ekskludert fra datasettet ettersom de ikke kunne gi et sammenligningsgrunnlag med de andre deltakerne som gjennomførte kun 10 repetisjoner.

## **Etikk**

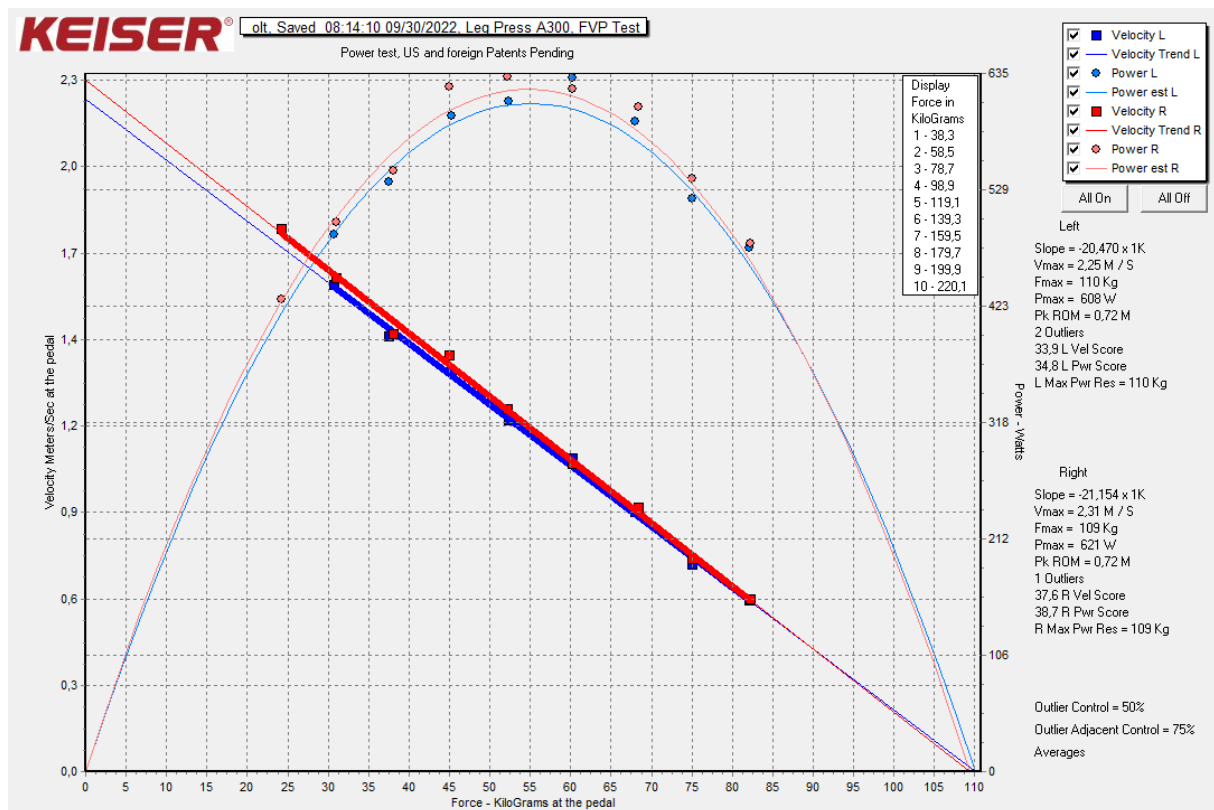
Sikkerheten til deltakerne i studien ble ivaretatt gjennom flere tiltak og spesielt ved bruken av Keiser A300 som testapparat. Ratamess et al. (2009) viser til apparater ofte blir sett på som sikrere og enklere teknisk å gjennomføre styrkeøvelser i, sammenlignet med frivekter. Keiser A300 er derfor et sikrere valg av apparatur enn om samme studie hadde blitt gjennomført som knebøy med olympisk vektstang. Freitar de Salles et al. (2009) fremhever at ved å bruke et apparat ivaretar man sikkerheten i større grad enn ved å bruke frivekter som stiller store krav til nevro-muskulær koordinasjon. Videre henviser de til at riktig teknisk utførelse er grunnleggende for å ivareta validiteten. Etter som denne studien inkluderte deltakere med forskjellig bakgrunn og erfaring innen styrketrening, var det avgjørende at valgt testutstyr tok hensyn til ovennevnte forhold. Dette var spesielt relevant for løperne, som var en del av gruppen utholdenhetsutøvere i studien. Løperne uttrykte lav erfaring med styrketrening sammenlignet med de andre deltakerne, noe som viste seg i deres evne til å utvikle maksimal kraft, spesielt ved repetisjonene med høy belastning.

Senteret som ble benyttet for all testing i studien hadde tilgang på både fysioterapeut og helsepersonell for å ivareta deltakernes sikkerhet under deltakelsen, noe som er i henhold til McGuigan's (2016a) retningslinjer for testing. Pilotene som ble gjennomført var også med på å styrke sikkerheten til deltakerne gjennom økt kjennskap til testapparatene hos testleder.

## **Dataanalyse**

Keiser A420 software gir en rekke data som beskriver deltakernes prestasjon. Når man gjennomfører 10-repetisjonstesten distribuerer softwaren en graf (se figur 1) som gir informasjon om deltakerens kraf-hastighetsprofil i form av kraft (målt i kg), hastighet (målt i m/s) og power (målt i watt). Videre kan man klikke seg inn og få detaljert informasjon om maksimal, minimal, og gjennomsnittlig verdi for både kraft, hastighet, power og akselerasjon. Data for akselerasjon ble ikke analysert i denne studien. I Keiser A300 er det mulig å splitte pedalene og gjennomføre repetisjoner med ett og ett bein, men denne studien ble gjennomført

med samlede bein. Selv om pedalene var låst ser man av grafen i figur 1 at det blir et marginalt avvik i verdier mellom venstre (blå graf) og høyre bein (rød graf). Under dataanalysen ble dette tatt høyde for ved å legge sammen dataene for kraft (kg) og power (watt) for begge beina, mens for hastigheten ble det regnet ut gjennomsnittet av høyre og venstre bein.



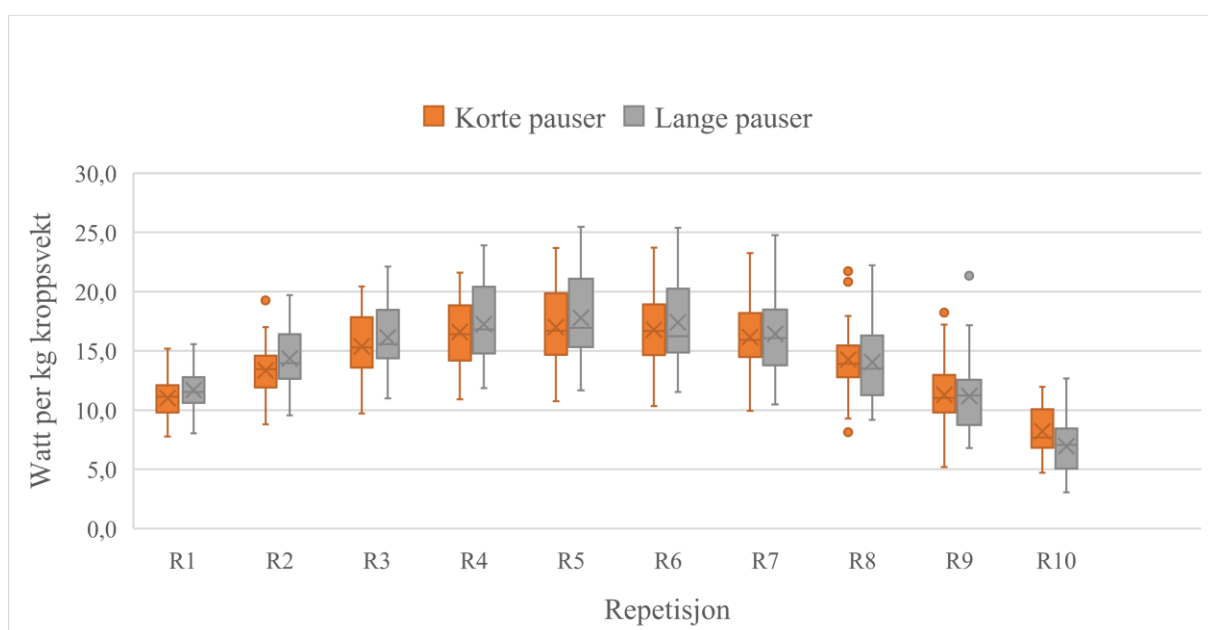
**Figur 1.** Kraft-hastighetsprofil hentet fra Keiser A420 software

Selv om flere måleparametere ble analysert i studien, ble power målt i watt inkludert i det endelige resultatet på bakgrunn av tidligere forskning som viser at power gir de mest valide resultatene (Young, 2006). Videre ble disse målene delt på deltakernes kroppsvekt for å normalisere dataene. Ved å analysere watt per kilo kroppsvekt var det deltakernes relative målinger man analyserte. Dette er en grunnleggende tilnærming for sammenligning av testresultater mellom kjønn og utøvere med store forskjeller i kroppsvekt (Loyd et al., 2016).

Det ble utført et omfattende arbeid med å identifisere den optimale fremstillingsmetoden for dataene. Før repetisjonene ble gruppert i lav (rep. 1-3), middels (rep. 4-7) og høy (rep. 8-10) belastningsgrupper og visualisert i GraphPad Prism, ble flere andre alternativer testet. Blant annet ble hver enkelt repetisjon fremstilt gjennom boksplokk i Microsoft Excel. Denne måten å fremstille dataene på vises i kapittelet «Supplerende resultater og diskusjon».

## Supplerende resultater og diskusjon

Figur 2 viser watt per kilo kroppsvekt for hver enkelt repetisjon i Keiser sin 10-repetisjonstest. Fremstillingen viser testen gjennomført med både korte og lange pauser. Her kommer det tydelig frem at forsøkspersonene produserer den høyeste wattverdien under repetisjon 5, som tilsvarer ca. 50% av deres 1RM. Dette funnet samsvarer med tidligere forskning på hastighet basert på prosentvis belastning av 1RM (Suchomel et al., 2021). Det kommer også frem at for de åtte første repetisjonene produseres det mer watt når testen ble gjennomført med lange pauser, og at dette endrer seg for repetisjon 9 og 10 hvor korte pauser medfører økt prestasjon.

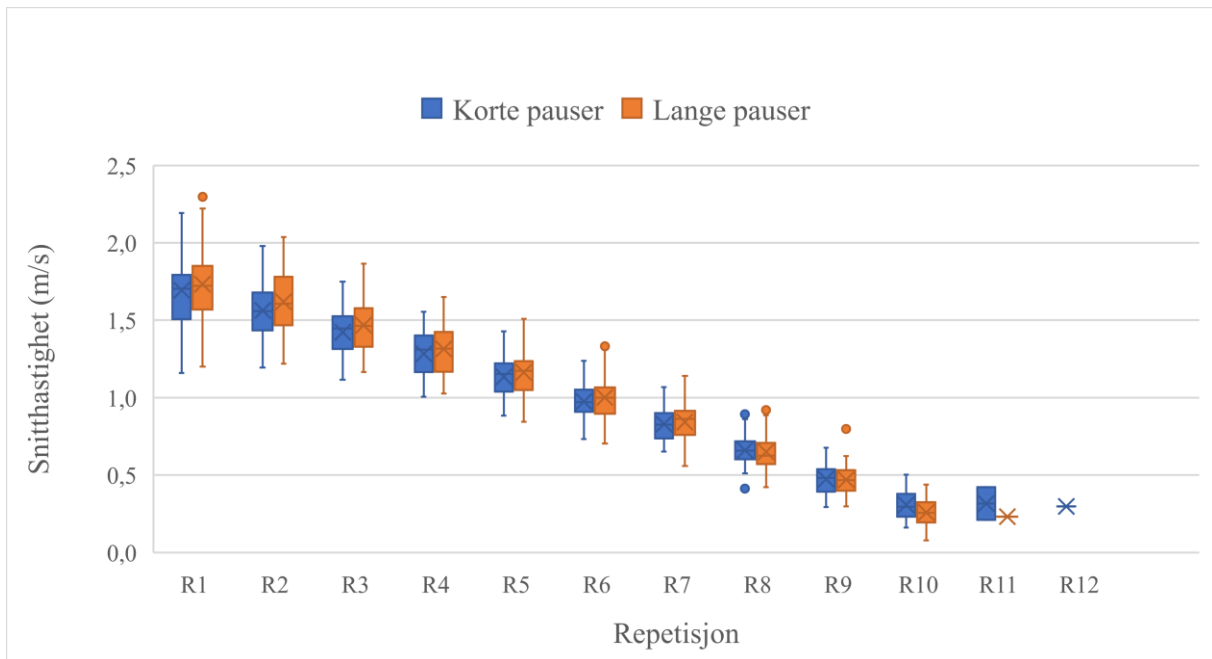


**Figur 2.** Samsvar kort lang pause i watt/kg kroppsvekt

Selv om tidligere forskning har vist at power (watt) gir mest valide målinger viser figur 3 og 4 tilsvarende resultater som presentert i artikkelen, men med gjennomsnittshastighet (m/s) per repetisjon. I både figur 3 og 4 er repetisjonene 11 og 12 inkludert i datasettet. Imidlertid var disse repetisjonene ekskludert fra de primære resultatene i denne studien, da de som nevnt gir begrenset sammenligningsgrunnlag. På grunn av den store økningen i belastning fra den 10. til den 11. og 12. repetisjonen, skal det i utgangspunktet være vanskelig å fullføre disse repetisjonene dersom deltakernes 1RM er nøyaktig estimert. Med tanke på at testene ble utført med 4-8 dagers mellomrom, skal ikke deltakerne ha hatt tilstrekkelig tid til å tilpasse seg treningen og oppnå treningseffekt (Hughes et al., 2018). Resultatet kan skyldes nevro-muskulære tilpasninger hos de som hadde lite erfaring med styrketrening og

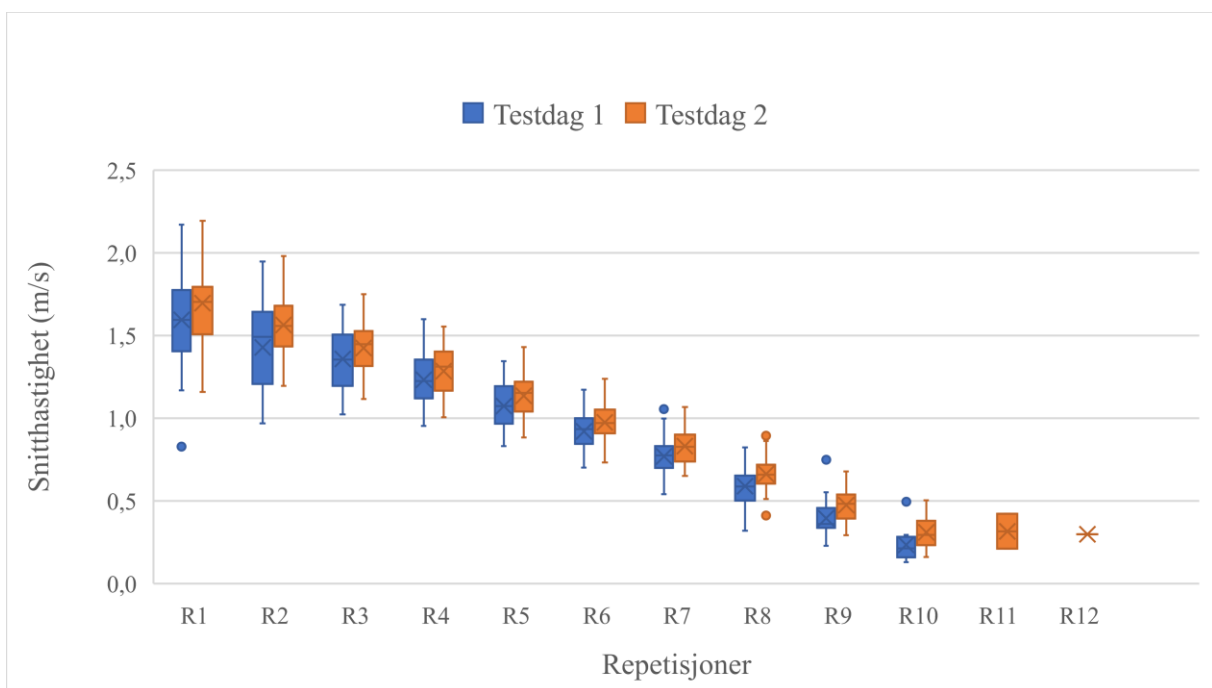
bevegelsesmønsteret i beinpress, men selv en slik tilpasning har vist seg å kreve 2-4 uker før den er utslagsgivende på en fysisk test (Hughes et al., 2018). Dermed kan man anta at resultatet i stor grad skyldes for dårlig familisering og unøyaktige estimater av 1RM verdiene til disse deltakerne. Basert på Baker & Newtons (2004) definisjon av 1RM som den maksimale kapasiteten til en utøver, skulle det i prinsippet vært umulig å gjennomføre den 11. og 12. repetisjonen med en så betydelig økning i belastningen mellom repetisjonene som er tilfellet i Keiser sin test. Derfor er det en indikasjon på at 1RM verdiene til de aktuelle deltakerne ikke var nøyaktig estimert. Dersom en utøver skal gjennomføre Keiser sin 10-repetisjonstest flere ganger i løpet av en sesong vil det være formålstjenlig å sammenligne power (watt) som blir produsert innenfor hvert belastningstrinn for å måle treningseffekten. Eventuelt kan man estimere 1RM på ny for at den 10. repetisjonen skal være så nære maksimal kapasitet som mulig hos utøveren. Det vil ha liten verdi å se på om utøverne klarer repetisjon nummer 11 etter en treningsperiode da økningen i belastning er betydelig sammenlignet med hvor på kraftkurven man befinner seg. Å oppnå en så stor fremgang i belastning vil kreve en relativt lang treningsperiode avhengig av nivå og forutsetninger hos utøveren (Suchomel et al., 2021).

Figur 3 viser snitthastigheten for hver enkelt repetisjon i Keiser sin 10-repetisjonstest gjennomført med både korte og lange pauser. Figuren viser at hastigheten avtar for hver repetisjon som blir gjennomført, og at snitthastigheten er høyere for repetisjon 1-7 ved lange pauser. For repetisjon 8-10, som tilsvarer gruppen høy belastning (1RM trening) fra artikkelen var snitthastigheten høyest når deltakerne utførte testen med korte pauser. Dette samsvarer også med resultatene fra artikkelen.



**Figur 3.** Samsvar snitthastighet (m/s) kort/lang pauser

Figur 4 viser snitthastigheten for hver enkelt repetisjon i Keiser sin 10-repetisjonstest for testdag 1 og 2 utført med korte pauser. Boksplottet viser tydelig at snitthastigheten for testdag 2 var høyere for alle repetisjonene sammenlignet med testdag 1. Dette er med på å underbygge Bland-Altman plottet og analysen fra artikkelen om at test-retest reliabiliteten knyttet til Keiser sin 10-repetisjonstest ikke var tilstrekkelig, men at dette som nevnt er et resultat av dårlig familisering.



**Figur 4.** Test/re-test reliabilitet 10 trinn dag 1 og 2 (korte pauser)

## **Forsøkspersoner**

Dataene til forsøkspersonene indikerer at det ikke var noen signifikante forskjeller i alder eller kjønnsfordeling mellom de to gruppene som bestod av håndballspillere og utholdenhetsutøvere. Imidlertid var mannlige håndballspillere signifikant høyere ( $p = .009$ ) og tyngre ( $p = .013$ ) sammenlignet med utholdenhetsutøverne. Denne forskjellen fremhever viktigheten av å analysere relative verdier basert på kroppsvekt fremfor absolutte data når man sammenlikner ulike grupper og kjønn (Loyd et al., 2016).

## **Andre momenter**

Denne studien er gjennomført ved bruk av Keiser A300 som benytter seg av lufttrykk for å skape motstand gjennom benpress bevegelsen. Denne motstanden kan justeres ved å øke eller redusere lufttrykket i apparatets sylinder. Dette gir brukeren muligheten til å nøyaktig tilpasse motstanden med ett kilos intervaller. Per dags dato finnes det ingen studier av forfatterens kjennskap som undersøker forskjellene mellom å bruke lufttrykk og tradisjonelle vekter. Det ville vært interessant å undersøke pausetidens betydning i knebøy med olympisk vektstang sammenlignet med benpress i Keiser A300. Her kunne man også undersøkt forskjell i restitusjonstid, som er essensielt for utøvere som trener mye, gjerne to ganger daglig. En annen innfallsvinkel ville vært å undersøke effekten av eksplosiv styrketrening i Keiser A300 som er lite teknisk krevende og reduserer skaderisikoen, sammenlignet med knebøy med olympisk vektstang. Tilsvarende problemstillinger kunne man laget ved å sammenligne benpress i tradisjonelt treningsapparat med vekter som ytre belastning, sammenlignet med lufttrykk som motstand i Keiser A300.

## Referanseliste

- Baker, D. & Newton, R. U. (2008). Comparison of lower body strength, power, acceleration, speed, agility, and sprint momentum to describe and compare playing rank among professional rugby league players. *J Strength Cond Res*, 22, 153-158.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f9519>
- Baumgartner, T. A. & Jackson, A. S. (2007). *Measurement for Evaluation in Physical Education and Exercise Science*. (8. utg.). Brown & Benchmark.
- Bishop, P., Cureton, K. & Collins, M. (1987). Sex difference in muscular strength in equally-trained men and women. *Ergonomics*, 30(4), 675-687.  
<https://doi.org/10.1080/00140138708969760>
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K. & Nevill, A. M. (1995). Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *J Physiol*, 482(2), 467-480.  
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.1995.sp020533>
- Buchheit, M. & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part 2: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Med*, 43(10), 927-954. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5>
- Castro-Piñero, J., Ortega, F. B., Artero, E. G., Girela-Rejon, M. J., Sjöström, M. & Ruiz, J. R. (2010). Assessing muscular strength in youth: Usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *J Strength Cond Res* 24(7), 1810-1817.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d>
- Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Preen, D., Polglaze, T., Fitzsimons, M & Fournier, P. (1997). Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts. *Scand J Med Sci Sports*, 7(4), 206-213.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1997.tb00141.x>

- Earle, R. W. (2006). Weight training exercise prescription. I, *Essentials of Personal Training Symposium Workbook* (s. 3-39). NSCA Certification Commission.
- Faigenbaum, A., Milliken, L. & Westcott, W. (2003). Maximal strength testing in healthy children. *J Strength Cond Res*, 17, 162-166.  
[https://www.researchgate.net/profile/Avery-Faigenbaum/publication/10905313\\_Maximal\\_Strength\\_Testing\\_in\\_Healthy\\_Children/links/59f86e55a6fdcc075ec87d9f/Maximal-Strength-Testing-in-Healthy-Children.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Avery-Faigenbaum/publication/10905313_Maximal_Strength_Testing_in_Healthy_Children/links/59f86e55a6fdcc075ec87d9f/Maximal-Strength-Testing-in-Healthy-Children.pdf)
- Freitar de Salles, B., Simão, R., Miranda, F., da Silva Novaes, J., Lemos, A. & Willardson, J. (2009). Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Med.* 39(9), 765-777.  
<https://doi.org/10.2165/11315230-000000000-00000>
- Gill, D. & Williams, L. (2008). *Psychological Dynamics of Sport and Exercise* (3<sup>rd</sup> ed.). Human Kinetics.
- Gould, D. & Udry, E. (1994). Psychological skills for enhancing performance: Arousal regulation strategies. *Med Sci Sports Exerc*, 26(4), 478-485.  
[https://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/1994/04000/Psychological\\_skills\\_for\\_enhancing\\_performance\\_.13.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/1994/04000/Psychological_skills_for_enhancing_performance_.13.aspx)
- Holloway, J. (1998). A summary chart: Age related changes in women and men and their possible improvement with training. *J Strength Cond Res*, 12, 126-128.
- Hopkins WG. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med.* 30, 1-15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
- Hughes, D., Ellefsen, S. & Baar, K. (2018). Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harb Perspect Med*, 8(6). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>
- Knuttgren, H. G. & Kraemer, W. J. (1987). Terminology and Measurement in Exercise Performance. *J Appl Sport Sci Res*, 1-10. [https://www.researchgate.net/profile/Howard-Knuttgren/publication/232142760\\_Terminology\\_and\\_Measurement\\_in\\_Exercise\\_Perfo](https://www.researchgate.net/profile/Howard-Knuttgren/publication/232142760_Terminology_and_Measurement_in_Exercise_Perfo)



rmance/links/5ccf035ca6fdccc9dd8ffde8/Terminology-and-Measurement-in-Exercise-Performance.pdf

Kissow, J., Jacobsen, K. J., Gunnarsson, T. P., Jessen, S. & Hostrup, M. (2022). Effects of Follicular and Luteal Phase-Based Menstrual Cycle Resistance Training on Muscle Strength and Mass. *Sports Med*, 52(12), 2812-2819.

<https://doi.org/10.1007/s40279-022-01679-y>

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

[https://www.researchgate.net/publication/10905314\\_Prediction\\_of\\_1\\_Repetition\\_Maximum\\_in\\_High-School\\_Power\\_Lifters#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/10905314_Prediction_of_1_Repetition_Maximum_in_High-School_Power_Lifters#fullTextFileContent)

Larsen, F., Loturco, I., Sigvaldsen, E., Strand, M. F., Kalthovde, J. M. & Haugen, T. (2023). Reliability and validity of different lower-limb strength tests to determine 1RM in the Keiser A300 leg press. *J Strength Cond Res*.

[https://www.researchgate.net/publication/367241635\\_Reliability\\_and\\_validity\\_of\\_different\\_lower-limb\\_strength\\_tests\\_to\\_determine\\_1RM\\_in\\_the\\_Keiser\\_A300\\_leg\\_press#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/367241635_Reliability_and_validity_of_different_lower-limb_strength_tests_to_determine_1RM_in_the_Keiser_A300_leg_press#fullTextFileContent)

Lauback, L. (1976). Comparative muscle strength of men and women: A review of the literature. *Aviat Space Environ Med*, 47(5), 534-542.

Lloyd, R. S. & Faigenbaum, A. D. (2016). Age- and Sex-Related Differences and Their Implications for Resistance Exercise. I G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.), *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. utg., s. 135-154). Human Kinetics.

Locke, E. A. & Latham, G. P. (1985). The application of goal setting to sports. *J Sport Psychol*, 7(3), 205-222.

[https://www.researchgate.net/publication/284771944\\_The\\_application\\_of\\_goal\\_setting\\_in\\_sport](https://www.researchgate.net/publication/284771944_The_application_of_goal_setting_in_sport)

- Lindberg, K., Solberg, P., Bjørnsen, T., Helland, C., Rønnestad, B., Thorsen Frank, M., Haugen, T., Østerås, S., Kristoffersen, M., Midttun, M., Sæland, F., Eythorsdottir, I. & Paulsen, G. (2022). Strength and power testing of athletes: Associations of common assessments over time. *Int J Sports Physiol Perform*, 27, 1280-1288.  
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0557>
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A. & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res*, 16, 75-82.  
[http://libres.uncg.edu/ir/asu/f/Triplett\\_Travis\\_2002\\_The\\_Effect\\_of\\_Heavy.pdf](http://libres.uncg.edu/ir/asu/f/Triplett_Travis_2002_The_Effect_of_Heavy.pdf)
- McGuigan, M. (2016a). Principles of Test Selection and Administration. I G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.), *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. utg., s. 249-258). Human Kinetics.
- McGuigan, M. (2016b). Administration, Scoring, and Interpretation of Selected Tests. I G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.), *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. utg., s. 259-316). Human Kinetics.
- Mellalieu, S. D. & Shearer, D. A. (2012). Mental skills training and strength and conditioning. I D. Tod & D. Lavalley (Red.), *Psychology of strength and conditioning* (s. 1-37). Routledge.
- Michalsik, L. B., Aagaard, P. & Madsen, K. (2013). Locomotion characteristics and match-induced impairments in physical performance in male elite team handball players. *Int. J. Sports Med*, 34(7), 590–599. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1329989>
- Michalsik, L. B., Madsen, K. & Aagaard, P. (2015a). Technical match characteristics and influence of body anthropometry on playing performance in male elite team handball. *J Strength Cond Res*, 29(2), 416–428. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000595>

- Michalsik, L. B., Madsen, K. & Aagaard, P. (2015b). Physiological capacity and physical testing in male elite team handball. *J Sports Med Phys Fit*, 55(5), 415–429.  
[https://www.researchgate.net/publication/259630572\\_Physiological\\_capacity\\_and\\_physical\\_testing\\_in\\_male\\_elite\\_team\\_handball#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/259630572_Physiological_capacity_and_physical_testing_in_male_elite_team_handball#fullTextFileContent)
- Milliken, L. A., Faigenbaum, A. D. & LaRousa-Loud, R. (2008). Correlates of upper and lower body muscular strength in children. *J Strength Cond Res*, 22(4), 1339-1346.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817393b1>
- Oleka, C. T. (2019). Use of the Menstrual Cycle to Enhance Female Sports Performance and Decrease Sports-Related Injury. *J Pediatr Adolesc Gynecol*, 33(2), 110-111.  
<https://doi.org/10.1016/j.jpag.2019.10.002>
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. B., Kraemer W. J. & Triplett, N. T. (2009). Progression models in resistance training for Healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687-708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Reilly, T. & Waterhouse, J. (2009). Sports performance: Is there evidence that the body clock plays a role? *Eur J Appl Physiol*, 106(3), 321-332.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-009-1066-x>
- Sadres, E., Eliakim, A., Constantini, N., Lidor, R. & Falk, B. (2001). The effect of long-term resistance training on anthropometric measures, muscle strength and self-concept in pre-pubertal boys. *Pediatr Exerc Sci*, 13(4), 357-372.  
<https://doi.org/10.1123/pes.13.4.357>
- Selye, H. (1983). The stress concept: Past, present and future. I C. L. Cooper (Red.), *Stress Research: Issues for the Eighties* (s. 1-20). John Wiley & Sons.
- Shelton, T. O. & Mahoney, M. J. (1978). The content and effect of “psyching-up” strategies in weight lifters. *Cognit Ther Res*, 2, 275–84.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF01185789>

- Spence, J. T. & Spence, K. W. (1966). The Motivational Components of Manifest Anxiety: Drive and Drive Stimuli. I C. D. Spielberg (Red.), *Anxiety and Behavior* (s. 291-326). Academic Press.
- Statler, T. A. & DuBois, A. M. (2016). Psychology of Athletic Preparation and Performance. I G. G. Haff & N. T. Triplett (Red.), *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4. utg., s. 155-174). Human Kinetics.
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., Hornsby, W. G. & Stone, M. H. (2021). Training for Muscular Strength: Methods for Monitoring and Adjusting Training Intensity. *Sports Med*, 51(10), 2051-2066. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01488-9>
- Tod, D., Edwards, C., McGuigan, M. & Lovell, G. (2015). A systematic review of the effect of cognitive strategies on strength performance. *Sports Med*, 45(11), 1589-1602. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0356-1>
- Van Raalte, J. L. (2010). Self talk. I D. Tod & K. Hodge (Red.), *Routledge Handbook of Applied Psychology: A comprehensive guide for students and practitioners* (s. 483-501). Routledge.
- Weinberg, R. S. (2010). Activation/arousal control. I. Tod & K. Hodge (Red.), *Routledge Handbook of Applied Psychology: A comprehensive guide for students and practitioners* (s. 471-480). Routledge.
- Weinberg, R. S. & Gould, D. (2015). *Foundations of Sport and Exercise Psychology* (3. utg.). Human Kinetics.
- Yerks, R. M. & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *J Comp Neurol Psychol* 18, 459-482. <https://doi.org/10.1002/cne.920180503>
- Young WB. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(2), 74-83. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.2.74>