

# Arbeidskrav 6

Karoline Simpson-Larsen

## Introduksjon

Adaptasjoner til styrketrening varierer fra person til person, og henger sammen med en rekke faktorer, som treningsvolum, intensitet, valg av øvelser, hvile mellom sett, hastighet på utførelsen av øvelsen og hyppigheten på treninga (Ratamess et al. (2009)). I tillegg spiller genetiske disposisjoner og miljøfaktorer en rolle for variasjoner i tilpasninger (Timmons (2011)). Styrketrening har en positiv effekt på prestasjon i mange idretter som stiller krav til styrke, men også utholdenhetsidrett (Beattie et al. (2014); Rønnestad and Mujika (2014)). I tillegg har styrketrening en positiv effekt sett i et folkehelseperspektiv (Westcott (2012)).

For utrente personer som begynner med styrketrening varierer økningen i muskelstyrke med 1 %, målt som én repetisjon maksimum (1RM), med en variasjon på 0,1-0,3% (McDonagh and Davies (1984)), samt at tversnittet til de musklene som trenes økes med 0,1-0,5% per økt (Wernbom, Augustsson, and Thome (2007)). Variasjonene i adaptasjonene på styrke- og muskelvekst er sannsynligvis avhengig av hvilken muskelgruppe som trenes, antall serier og repetisjoner, pauselengde, fibertypesammensetning og genetikk (Raastad (2010); Tønnessen and Rønnestad (2018)). Det ser ut til at det er et dose-respons forhold mellom treningsmengde og styrkeøkning per tidsenhet (Raastad (2010)). Treningsmengden bestemmes av antall økter, serier og hyppighet på øktene, i tillegg ser det ut til at hvor mange øvelser vi trener på hver muskelgruppe kan ha betydning. Hvilken treningsmetode som er gunstig for å få best mulig effekt er man uenige om. R. N. Carpinelli (2002); Ralph N. Carpinelli and Otto (1998) viser til at én serie på hver muskelgruppe gir best effekt, mens andre meta-analyser viser at et moderat treningsvolum med tre serier er fordelaktig (Krieger (2010); Radaelli et al. (2015); Kelly et al. (2007)).

Målet med denne studien var å sammenlikne effekten av singelserie (1 sett) og multiserie (3 sett) treningsprotokoller på muskelstyrke og muskelmasse for utrente personer.

## Metode

### Deltakere

Det ble rekruttert 41 mannlige og kvinnelige deltakere til å delta i studien, med ett kriterium om å være ikke-røykere og mellom 18 og 40 år. Eksklusjonskriterer var intoleranse av lokal bedøvelse, redusert muskelstyrke på grunn av tidligere eller nåværende skader, gjennomført mer enn én styrkeøkt i uka det siste året før intervensjonen og inntak av medisiner som kan påvirke adaptasjoner til styrketrening. I dataanalysene ble syv deltakere ekskludert fordi de ikke fullført 85% av de planlagte treningsøktene av ulike grunner. Alle deltakerne hadde tidligere erfaring med idrettsaktiviteter som for eksempel lagidretter, langrenn og turn. Deltakernes karakteristikk vises i Table 1.

```
#| echo: false
#| warning: false
#| message: false
#| include: false
#| label: tbl-kar
#| tbl-cap: "Karakteristikk"

dxadata %>%
  select(participant:weight, lean.left_leg, lean.right_leg) %>%
  pivot_longer(names_to = "leg",
               values_to = "lean.mass",
               cols = lean.left_leg:lean.right_leg) %>%
  mutate(leg = if_else(leg == "lean.left_leg", "L", "R"),
         sets = if_else(multiple == leg, "multiple", "single"),
         lean.mass = lean.mass / 1000) %>%
  select(participant, age, height, weight, time, sex, include, sets, leg, lean.mass) %>%
  full_join(strengthvolume) %>%
  filter(exercise == "legext",
         !is.na(load)) %>%
  group_by(participant) %>%
  filter(n() == 12) %>%
  ungroup() %>%
  filter(time == "pre") %>%
  group_by(sets) %>%
  mutate(N = n()) %>%
  pivot_longer(names_to = "variable",
               values_to = "values",
               cols = c(age, height, weight, lean.mass, load, N)) %>%
```

```

group_by(variable) %>%
summarise(Mean = mean(values, na.rm = T),
          SD = sd(values, na.rm = T)) %>%
mutate(MS = if_else(variable == "N",
                    as.character(Mean),
                    paste0(signif(Mean, 3),
                            " (",
                            signif(SD, 3),
                            ")")))) %>%
select(-Mean, -SD) %>%
mutate(variable = factor(variable, levels = c("N",
                                             "age",
                                             "height",
                                             "weight",
                                             "lean.mass",
                                             "load"),
                        labels = c("N",
                                   "Alder",
                                   "Kroppslengde",
                                   "Kroppsvekt",
                                   "Fettfri Masse",
                                   "1RM Kneekstensjon")))) %>%
arrange(variable) %>%
gt(caption = "Karakteristikker forsøkspersoner") %>%
cols_label(variable = "",
            MS = "gj.snitt (SD)") %>%
tab_footnote(footnote = "Forkortelser: lean.mass, fettfri masse; load, 1RM kneekstensjon")

```

Joining with `by = join\_by(participant, time, sex, include, sets, leg)`

	gj.snitt (SD)
N	19
Alder	21.9 (1.49)
Kroppslengde	178 (9.56)
Kroppsvekt	71.8 (11)
Fettfri Masse	9.07 (1.9)
1RM Kneekstensjon	58.4 (13.8)

Forkortelser: lean.mass, fettfri masse; load, 1RM kneekstensjon

## Studiedesign

Intervensjonsperioden bestod av 12 uker med styrketrening på helkropp, gjennomført mellom september og november. Bein-øvelsene ble gjennomført separat for hvert enkelt bein, for å muliggjøre differensiering av treningsvolum på samme deltaker. Hver deltaker ble tilfeldig tildelt enten single-set eller 3-set program for hvert enkelt bein. Hver deltaker gjennomførte dermed to ulike protokoller. Maksimal muskelstyrke ble målt før-, i uke 3, 5 og 9-, og etter intervensjonen. Kroppssammensetningen ble målt før og etter intervensjonen. I tillegg ble det tatt muskelbiopsi fra hvert bein fra vastus lateralis i uke 0 i hvilt tilstand, før og etter 1 time etter femte treningsøkt, og etter fullført treningsintervensjon i hvilt tilstand.

## Treningsintervensjon

Før hver treningsøkt ble det gjennomført en standard oppvarmingsprotokoll på 5 minutter på ergometersykel, etterfulgt av 10 repetisjoner av forskjellige kroppsvektøvelser i tillegg til ett sett på 10 repetisjoner ved ~50% av 1RM for hver motstandsøvelse. Beinøvelsene ble gjennomført i lik rekkefølge hver økt, enten som ett sett eller tre sett. Tiden på pause var mellom 90-180 sekunder. Treningsmotstanden økte gradvis gjennom intervensjonen med en start på 10RM de første to ukene, etterfulgt av 8RM i tre uker og 7RM i syv uker. Gjennomsnittelig antall overvåkede økter var 91% av utførte økter. På øktene som ikke var overvåket fikk deltakerne beskjed om å føre detjalerte logger. Disse ble kontrollert for å sikre progresjon og etterlevelse av protokollen.

## Testing

I forbindelse med studien ble det gjennomført tester av både muskelstyrke, muskeltverrsnitt, kroppssammensetning, hormonelle målinger, biopsi av muskelvev, immunhisokjemi og protein analyse.

## Muskelstyrke

Det ble gjennomført styrketester av isometrisk og isokinetisk unilaterale kneekstensjon målt ved et dynamometer. Deltakerne ble testet i maksimalt isokinetisk dreiemoment ved 60°, 120° og 240° s-1 hastighet. Deltakerne fikk flere forsøk på hver hastighet. Høyeste verdi for hver hastighet ble brukt i analysene MFK-dreiemoment ble målt ved en knevinkel på 30°, etter isokinetisk testing. Her fikk deltakerne beskjed om å presse med maksimal kraft i 5 sekunder. De fikk to forsøk, med 30 sekunder hvile mellom. Beste forsøk ble brukt i analysene.

Maksimal styrke i kneekstensjonen ble målt som 1RM i unilateral beinpress og kneekstensjon. Testen startet med en spesifikk oppvarming i hver øvelse på 10, 6 og 3 repetisjoner på 50, 75 og 85% av antatt 1RM. Deretter ble 1RM funnet ved å gradvis øke vekta, inntil vekta ikke

kunnes løftes med full “range of motion” lenger. Det høyeste godkjente løftet ble satt til 1RM, og deltakerne hadde fire til seks forsøk på hver øvelse.

Ved baseline ble både 1RM, isokinetisk og isometrisk styrketester gjennomført i to omganger med en avstand på minst fire dager. De beste verdiene ble brukt i de statistiske analysene. Styrketestene ble atskilt med minst 48 timer fra treningsøkt. Alle de tre testene utgjorde tilsammen en kombinert score for utregning av muskelstyrke.

### **Muskeltverrsnitt og kroppssammensetning**

Det ble gjort målinger av muskeltverrsnittet av knestrekkerne (vastus lateralis, medialis, intermedius og rectus femoris) både før og etter intervensjonen ved bruk av magnetisk resonans (MR). Tverrsnittet ble målt på nøyaktig samme sted begge gangene for hver deltaker. Kroppssammensetningen ble målt før og etter intervensjonen ved bruk av dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). DXA ble tatt to dager etter siste styrketreningsøkt, og deltakerne måtte faste de siste 2 timene og unngå hard fysisk aktivitet de siste 48 timene.

### **Hormonelle målinger**

Hormonelle målinger ble tatt i forbindelse med biopsi i form av blodprøver på fem ulike tidspunkt under intervensjonen. Det ble tatt målinger av den totale konsentrasjonen av testosteron, kortisol, veksthormon og insulinliknende vekstfaktor (IGF-1), i tillegg til konsentrasjonen av vitamin-D.

### **Muskelbiopsi**

Muskelbiopsi ble tatt bilateralt fra m.vastus lateralis ved lokalbedøvelse. Alle deltakerne fikk klare instruksjoner på forberedelsene som skulle bli gjort i forkant, for å standardisere prøvetakingen så godt som mulig. Biopsiprøvene etter intervensjonen ble tatt tre og seks dager etter siste styrketreningsøkt.

### **Dataanalyse og statistikk**

Det ble brukt en tosidig t-test for å se forskjellen mellom gruppene som trente single-sett og multiple-sett. Effekten av ulikt treningsvolum på maksimal styrke, i form av 1RM i kneekstension målt i kg, vises i figur 1. Her blir det brukt en mixed linear model (MLL), og grafen blir framstilt som gjennomsnittsverdier med standardavvik.

## Resultat

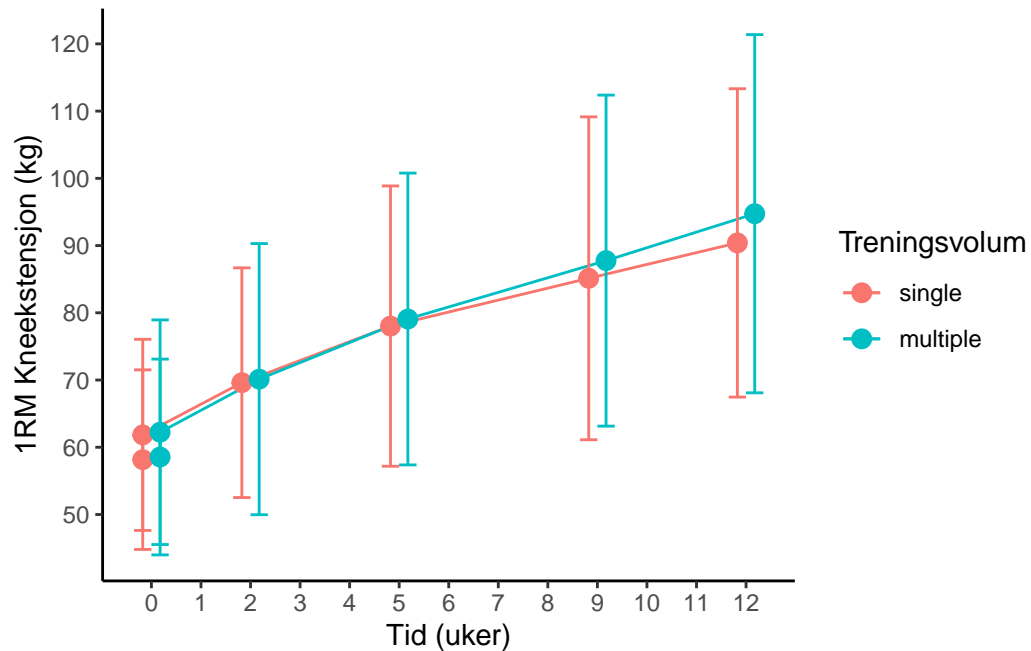
Både single-sett og multiple-sett økte muskelstyrken i 1RM kneekstensjon over den 12 uker lange treningsintervensjonen, se figur 1. Figuren viser at det var liten forskjell mellom gruppene i starten av treningsintervensjonen, men forskjellene større etter avsluttet intervensjon.

I figur 2 kan vi se at de som trente multiple-sett hadde en større økning i fettfri masse, enn de som trente single sett. En tosidig t-test viser en p-verdi på 0.0359. Dette indikerer at det var en signifikant økning i fettfri masse for multiple-sett gruppa sammenliknet med de som trente single-sett.

```
#| label: Figur 1: Effekt på muskelstyrke i 1RM i kneekstensjon i uke 1, 2, 5, 9 og 12
#| echo: false
#| warning: false
#| message: false
#| include: false

data %>%
  group_by(time, sets) %>%
  summarise(Mean = mean(load, na.rm = T),
            SD = sd(load, na.rm = T)) %>%
  mutate(timec = as.numeric(case_when(time == "pre" ~ 0,
                                       time == "session1" ~ 0,
                                       time == "week2" ~ 2,
                                       time == "week5" ~ 5,
                                       time == "week9" ~ 9,
                                       time == "post" ~ 12))) %>%
  ggplot(aes(timec, Mean, group = sets, color = sets)) +
  geom_line(position = position_dodge(width = 0.7)) +
  geom_point(position = position_dodge(width = 0.7),
            size = 3) +
  geom_errorbar(aes(ymin = Mean - SD, ymax = Mean + SD),
               position = position_dodge(width = 0.7),
               width = 0.7) +
  scale_x_continuous(breaks = seq(0, 16, 1)) +
  scale_y_continuous(breaks = seq(40, 130, 10)) +
  labs(x = "Tid (uker)",
       y = "1RM Kneekstensjon (kg)",
       color = "Treningsvolum") +
  theme_classic()
```

`summarise()` has grouped output by 'time'. You can override using the  
`.groups` argument.



```
#| echo: false
#| warning: false
#| message: false
#| label: "tbl-mod"
#| tbl-cap: "Volumavhengig effekt på muskelstyrke og muskelmasse fra LMMs."

m1_sty <- lmer(load ~ timec * sets + (1|participant), data = data)

tab_sty <- summary(m1_sty)$coef %>%
  data.frame() %>%
  mutate(Koeffisienter = c("Intercept",
                           "Tid",
                           "Gruppemultiple",
                           "Tid:Gruppemultiple")) %>%
  select(Koeffisienter, Estimate, Std..Error, df, t.value, Pr...t...)

data_lmb <- data %>%
  filter(time == "pre" | time == "post") %>%
  select(participant, time, sets, lean.mass) %>%
  mutate(lean.mass = lean.mass / 1000)
```

```

m1_lbm <- lmer(lean.mass ~ time * sets + (1|participant), data = data_lmb)

summary(m1_lbm)$coef %>%
  data.frame() %>%
  mutate(Koeffisienter = c("Intercept",
                           "Tid",
                           "Gruppemultiple",
                           "Tid:Gruppemultiple")) %>%
  select(Koeffisienter, Estimate, Std..Error, df, t.value, Pr...t..) %>%
  full_join(tab_sty) %>%
  gt() %>%
  cols_label(Koeffisienter = md("**Koeffisienter**"),
             Estimate = md("**Estimat**"),
             Std..Error = md("**SE**"),
             df = md("**DF**"),
             t.value = md("**t.verdi**"),
             Pr...t.. = md("**p.verdi**")) %>%
  fmt_number(columns = Estimate:Pr...t.., decimals = 2) %>%
  tab_row_group(label = md("*Fettfri Masse*"), rows = 1:4) %>%
  tab_row_group(label = md("*1RM Kneekstensjon*"), rows = 5:8)

```

Joining with `by = join\_by(Koeffisienter, Estimate, Std..Error, df, t.value, Pr...t..)`

Koeffisienter	Estimat	SE	DF	t.verdi	p.verdi
<i>1RM Kneekstensjon</i>					
Intercept	62.05	4.47	19.24	13.87	0.00
Tid	2.53	0.14	206.00	17.71	0.00
Gruppemultiple	0.10	1.32	206.00	0.08	0.94
Tid:Gruppemultiple	0.31	0.20	206.00	1.54	0.12
<i>Fettfri Masse</i>					
Intercept	9.04	0.46	18.37	19.58	0.00
Tid	0.15	0.08	54.00	2.03	0.05
Gruppemultiple	0.05	0.08	54.00	0.67	0.50
Tid:Gruppemultiple	0.12	0.11	54.00	1.07	0.29

Oversikt over effekten av styrketrening i 1RM i kneekstensjon og fettfri masse. Koeffisienten som er av interesse er Tid: Gruppemultiple, som viser forskjell i stigningstallet mellom treningsvolumgruppene. SE viser til standardfeil og DF viser til frihetsgrader”



```

#| warning: False
#| message: False
#| include: false

# Load data
datlean <- dxadata %>%
  select(participant:include, lean.left_leg, lean.right_leg) %>%
  pivot_longer(names_to = "leg",
               values_to = "lean.mass",
               cols = lean.left_leg:lean.right_leg) %>%
  mutate(leg = if_else(leg == "lean.left_leg", "L", "R"),
         sets = if_else(multiple == leg, "multiple", "single")) %>%
  select(participant, time, sex, include, sets, leg, lean.mass) %>%
  filter(include == "incl") %>%
  pivot_wider(names_from = "time",
             values_from = "lean.mass") %>%
  mutate(change = post - pre) %>%
  select(participant:sets, change) %>%
  pivot_wider(names_from = sets, values_from = change) %>%

  print()

```

```

# A tibble: 34 x 5
  participant sex    include multiple single
  <chr>      <chr>  <chr>      <dbl>  <dbl>
1 FP28      female incl          214    123
2 FP40      female incl          -69     2
3 FP21      male    incl          619   189
4 FP34      female incl          396   312
5 FP23      male    incl         -205   445
6 FP36      female incl          587   386
7 FP38      female incl          -85   225
8 FP25      male    incl          373   -47
9 FP19      male    incl          302   127
10 FP13     male    incl          734   915
# i 24 more rows

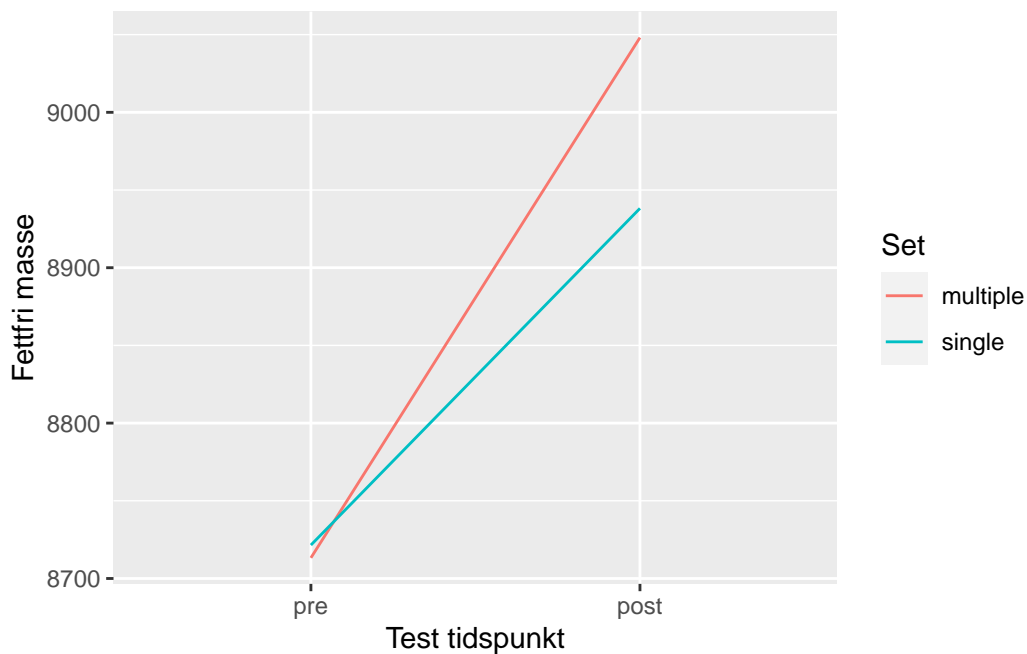
```

*### t- test på endringen*

```
t.test(datlean$multiple, datlean$single, paired = TRUE)
```

### Paired t-test

```
data: datlean$multiple and datlean$single
t = 2.1875, df = 33, p-value = 0.0359
alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 8.586109 237.002126
sample estimates:
mean difference
 122.7941
```



## Diskusjon

I denne studien fant vi at både de som trente single sett og de som trente multiple-sett fikk en økning i muskelstyrke, målt i kg i 1RM i øvelsen kneekstensjon. Økningen var størst hos de som trente multiple-sett framfor de som trente single-sett ( $p > 0.05$ ). Dette stemmer overens med tidligere studier som har funnet (Krieger (2010); Radaelli et al. (2015); Kelly et al. (2007)). Det kan være verdt å merke seg at disse deltakerne var utrente personer, så det kan se ut til at de får en effekt uansett. Vi kunne også se at den fettfrie massen til deltakerne som trente multiple-sett økte mer enn gruppa som trente single-sett. Det betyr at økningen i muskelvekst har vært størst hos multiple-sett gruppa.

## Konklusjon

Denne studien viser at både det å trene ett sett og tre sett for utrente personer gir tilsvarende lik økning i muskelstyrke. Det kan være verdt å merke seg at dette er for utrente personer som ikke har trent styrke mer enn én gang i uka det siste året før treningsintervensjonen startet. Likevel ser det ut til at de som trente tre sett hadde en større økning i muskelmasse framfor de som trente ett sett.

## Litteraturliste

- Beattie, Kris, Ian C. Kenny, Mark Lyons, and Brian P. Carson. 2014. "The Effect of Strength Training on Performance in Endurance Athletes." *Sports Medicine* 44 (6): 845–65. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0157-y>.
- Carpinelli, R. N. 2002. "Berger in Retrospect: Effect of Varied Weight Training Programmes on Strength." *British Journal of Sports Medicine* 36 (5): 319–24. <https://doi.org/10.1136/bjsm.36.5.319>.
- Carpinelli, Ralph N., and Robert M. Otto. 1998. "Strength Training: Single Versus Multiple Sets." *Sports Medicine* 26 (2): 73–84. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826020-00002>.
- Kelly, STEPHEN B., LEE E. BROWN, JARED W. COBURN, STEVEN M. ZINDER, LISA M. GARDNER, and DIAMOND NGUYEN. 2007. "THE EFFECT OF SINGLE VERSUS MULTIPLE SETS ON STRENGTH." *Journal of Strength and Conditioning Research* 21 (4): 1003–6. <https://doi.org/10.1519/00124278-200711000-00003>.
- Krieger, James W. 2010. "Single Vs. Multiple Sets of Resistance Exercise for Muscle Hypertrophy: A Meta-Analysis." *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (4): 1150–59. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181d4d436>.
- McDonagh, M. J. N., and C. T. M. Davies. 1984. "Adaptive Response of Mammalian Skeletal Muscle to Exercise with High Loads." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 52 (2): 139–55. <https://doi.org/10.1007/BF00433384>.
- Raastad, Truls. 2010. *Styrketrening: I Teori Og Praksis*. Oslo: Gyldendal Norsk forlag.
- Radaelli, Regis, Steven J. Fleck, Thalita Leite, Richard D. Leite, Ronei S. Pinto, Liliam Fernandes, and Roberto Simão. 2015. "Dose-Response of 1, 3, and 5 Sets of Resistance Exercise on Strength, Local Muscular Endurance, and Hypertrophy." *Journal of Strength and Conditioning Research* 29 (5): 1349–58. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000758>.
- Ratamess, Nicolas A, Brent A Alvar, Tammy E Evetoch, Terry J Housh, W Ben Kibler, William J Kraemer, and N Travis Triplett. 2009. "Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 41 (3): 687–708.
- Rønnestad, B. R., and I. Mujika. 2014. "Optimizing Strength Training for Running and Cycling Endurance Performance: A Review." *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24 (4): 603–12. <https://doi.org/10.1111/sms.12104>.

- Timmons, James A. 2011. “Variability in Training-Induced Skeletal Muscle Adaptation.” *Journal of Applied Physiology* 110 (3): 846–53. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00934.2010>.
- Tønnessen, Espen, and Bent R. Rønnestad. 2018. *Trening Fra Barneidrett Til Toppidrett*. Oslo: Gyldendal Olympiatoppen.
- Wernbom, Mathias, Jesper Augustsson, and Roland Thome. 2007. “The Influence of Frequency, Intensity, Volume and Mode of Strength Training on Whole Muscle Cross-Sectional Area in Humans.” *Sports Medicine* 37 (3): 225–64. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>.
- Westcott, Wayne L. 2012. “Resistance Training Is Medicine.” *Current Sports Medicine Reports* 11 (4): 209–16. <https://doi.org/10.1249/jsr.0b013e31825dabb8>.