

# Bacheloroppgave

## **Styrketrenings innvirkning på hvilemetabolismen**

av

856818 & 857207

Innleveringsfrist: 28.04.2021, kl. 09.00

### **VF203 – Bacheloroppgave**

Bachelor i fysisk aktivitet og ernæring

**10 090 ord**

April, 2021

Institutt for helsevitenskap - Høgskolen Kristiania

## **Førord**

Denne oppgaven er skrevet i forbindelse med fullføring av bachelorgrad i studiet Fysisk aktivitet og ernæring ved Høyskolen Kristiania.

Helsedirektoratets Aktivitetshåndbok forklarer at hvis man hver dag spiser tre sukkerbiter (omtrent 42 kcal) mer enn behovet, gir det et halvt kilo ekstra fettvev på kroppen per år. Et lite energioverskudd medfører stor risiko på sikt, samtidig kan selv moderat, men regelmessig aktivitet holde kroppsvekten stabil. Vi har gjennom en litteraturstudie utforsket effektene styrketrening kan ha på energiforbruk og utvidet vår forståelse for emnet.

Vi vil takke vår veileder, John Magne Kalhovde for gode innspill og veiledning gjennom både studieforløpet og arbeidsprosessen med bacheloroppgaven.

Høyskolen Kristiania, Oslo, april 2021

## Sammendrag

**Formål:** Overvekt er i de fleste deler av verden en utfordring og anses som en stor trussel mot folkehelsen. Overvekt kan gi en økt risiko for hjertelidelser, hypertensjon, diabetes og flere typer kreft. Det er derfor et behov for å etablere gode strategier for å motvirke overvekt, både på individ- og samfunnsnivå. Til tross for at energiforbruket under styrketrening ikke er stort, spekuleres det i om økningen i muskelmasse som kan oppnås gjennom styrketrening vil kunne øke det totale daglige energiforbruket og dermed bidra til å motvirke overvekt. Hensikten med denne studien er å belyse denne tematikken og kartlegge styrketrenings effekt på hvilemetabolismen og vår problemstilling er som følger; *Til hvilken grad kan man påvirke hvilemetabolismen gjennom styrketrening?*

**Metode:** Problemstillingen skal besvares gjennom en litteraturstudie med vitenskapelige artikler hentet fra databasene Ovid Medline og PubMed.

**Resultater:** Denne litteraturstudien har observert en signifikant økning av hvilemetabolismen på i overkant av 100 kcal/døgn som et resultat av en styrketreningsintervensjon.

**Konklusjon:** Det konkluderes med at styrketrening vil kunne gi en moderat økning av hvilemetabolismen. Denne økningen kan over tid være av betydning for vektregulering eller endring av kroppssammensetning.

## Innholdsfortegnelse

<b>1 Innledning</b> .....	<b>6</b>
1.1 Begrepsavklaring .....	6
1.2 Bakgrunn .....	8
1.3 Formål og avgrensninger .....	9
1.4 Problemstilling.....	9
1.5 Teori.....	9
1.5.1 Overvekt og kroppssammensetning .....	9
1.5.2 Totalt daglig energiforbruk .....	11
1.5.3 Basal- og hvilemetabolisme .....	12
1.5.4 Styrketrening.....	14
<b>2 Metode</b> .....	<b>15</b>
2.1 Metodevalg og begrunnelse.....	15
2.2 Etikk.....	16
2.3 Litteratursøket.....	16
2.4 Inklusjons- og eksklusjonskriterier.....	16
<b>3 Resultater</b> .....	<b>18</b>
3.2 Inkluderte studier .....	21
3.2.1 Studie 1 <i>Poehlman et al., 2002</i> .....	21
3.2.2 Studie 2 <i>Kirk et al., 2009</i> .....	23
3.2.3 Studie 3 <i>Rustaden et al., 2018</i> .....	24
3.2.4 Studie 4 <i>Broeder et al., 1992</i> .....	26
3.2.5 Studie 5 <i>Byrne og Wilmore, 2001</i> .....	28
3.2.6 Studie 6 <i>Lemmer et al., 2001</i> .....	30
3.2.8 Studie 8 <i>Stavres et al., 2018</i> .....	34
<b>4 Diskusjon</b> .....	<b>36</b>
4.1 Kildekritikk.....	36
4.1.1 Design .....	36
4.1.2 Utvalg.....	37
4.1.3 Intervensjonsprotokoll .....	38
4.1.4 Målemetoder og testing.....	39
4.2 Sentrale funn.....	42
4.3 Betydning av funn .....	44

4.4 Metodiske svakheter ved studien.....	45
<b>5 Konklusjon.....</b>	<b>45</b>
<b>Referanseliste.....</b>	<b>46</b>

# 1 Innledning

## 1.1 Begrepsavklaring

Forkortelse	Begrep	Forklaring
BMI	Body Mass Index	Kroppsmasseindeks. Beskriver forholdet mellom vekt og kroppslengde(1,2). Beregnes med formelen $\text{kg/m}^2$ .
BMR	Basal metabolic rate	Basalmetabolisme. Den minste mengden energi som er nødvendig for opprettholde kroppens vitale funksjoner i våken tilstand(3).
BP	BodyPump	Gruppetrening til musikk som benytter styrketreningsøvelser med lav motstand og høyt repetisjonsantall(4).
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Karbondioksid. Farge- og luktløs gass, som er sentral i fysiologien(5).
DEXA	Dual energy x-ray absorptiometry	Måleredskap som benytter to røntgenstråler for måling av kroppssammensetning(6).
EAT	Exercise activity thermogenesis	Energiforbruk som et resultat av trening(7).
EPOC	Excess post-exercise oxygen consumption	Etterforbrenningseffekten av trening(8).
HR	Heart Rate	Hjertefrekvens.
FFM	Fat-free mass	Fettfri kroppsmasse.
FM	Fat mass	Kroppens fettmasse.
MM	Muscle mass	Kroppens muskelmasse.
NEAT	Nonexercise activity thermogenesis	Energiforbruk som et resultat av fysisk aktivitet som ikke anses som trening(7)
RCT	Randomized control trial	Studiedesign som innebærer at utvalget blir randomisert til enten en intervensjons- eller kontrollgruppe og bidrar dermed til å unngå seleksjonsbias(9).
RM	Repetition maximum	Beskriver den maksimale motstanden som kan løftes ved et gitt repetisjonsantall(10).
RMR	Resting metabolic rate	Hvilemetabolisme. Kroppens energiforbruk i hvile(6).

---

RPE	Rate of perceived exertion	Skala for opplevelse av anstrengelse og intensitet(2).
SMR	Sleeping metabolic rate	Energiforbruk under søvn(11).
TDEE	Total daily energy expenditure	Totalt daglig energiforbruk. Summen av BMR, TEPA og TEF(6).
TEF	Thermic effect of food	Termisk effekt av næringsinntak. Energiforbruk som et resultat av opptak og lagring av næringsstoffer fra tarmen(8).
TEPA	Thermic effect of physical activity	Termisk effekt av fysisk aktivitet. Energiforbruk som et resultat av fysisk aktivitet(6).
TM	Total mass	Kroppens totale masse.
VO <sub>2</sub> -max	Volume O <sub>2</sub> maximum consumption	Ventilasjon-, sirkulasjon-, og muskelsystemets maksimale evne til henholdsvis å ta opp, frakte og forbruke O <sub>2</sub> (12).

## 1.2 Bakgrunn

Overvekt er i de fleste deler av verden en utfordring og anses som en stor trussel mot folkehelsen(13). Verdens Helseorganisasjon (WHO) rapporterer at det i 2016 på verdensbasis var 1,9 mrd. overvektige voksne mennesker og fedme er i dag den mest utbredte næringsforstyrrelsen i den vestlige verden(2). I Norge har det vært en stadig økning i forekomsten av overvekt og fedme(14). Eksempelvis var det på 1960-tallet kun 5% av middelaldrende menn som hadde fedme, mens HUNT-undersøkelsen fant i 2006-08 at det da var 25%. Overvekt øker risikoen for å bli rammet av flere livsstilssykdommer og det er globalt flere mennesker som spiser seg i hjel enn som sulter i hjel(1,2,15). Fravær av fysisk aktivitet er også tett knyttet til psykiske lidelser som depresjon og angst(2). I tillegg til de individuelle helsekonsekvensene har et fravær av tilstrekkelig fysisk aktivitet store økonomiske konsekvenser for samfunnet(16). Det anslås at ukentlig gjennomføring av 150 minutter fysisk aktivitet på moderat intensitet vil kunne øke det globale brutto nasjonalproduktet (BNP) med 0,15-0,24 prosent på årlig basis frem til 2050. Dette vil bety en innsparing på 2,5-3,6 billioner NOK i året og 48,0-68,8 billioner NOK i hele perioden. Til sammenligning tilsvarer dette Oljefondets markedsverdi (26.04.21 ~11,8 billioner NOK) ganger 10. Det er derfor et behov for å etablere gode strategier for å motvirke overvekt, både på individ- og samfunnsnivå(2). WHO er blant aktørene som jobber med dette og oppdaterte i 2020 sine anbefalinger for fysisk aktivitet(17). De anbefaler personer i aldersgruppen 18-64 år å gjennomføre minimum 150-300 minutter fysisk aktivitet på moderat intensitet hver uke, eller alternativt 75-150 minutter på høy intensitet. Videre anbefales det at styrketrening som involverer alle de store muskelgruppene bør gjennomføres minimum to ganger i uken på moderat til høy intensitet. De påpeker også at å overstige disse anbefalingene vil kunne lede til ytterligere helsegevinst. I tillegg anbefales det å begrense tiden som fysisk inaktiv. Nye globale estimater viser at 27,5% av den voksne befolkningen, eller 1,4 billioner, ikke oppfyller disse anbefalingene(18). Til sammenligning viser undersøkelser utført på nordmenn i 2014/15 at det er omtrent 70% av den voksne befolkningen som ikke oppfyller anbefalingene og derfor klassifiseres som fysisk inaktive(19). Disse tallene er blitt enda mørkere under nåværende pandemisituasjon og det er blitt rapportert at 34% av den norske befolkningen beveger seg mindre nå enn i forkant av pandemien(20). Det er i tillegg blitt rapportert at 23% har hatt en økning i kroppsvekt.

Sammen med en økning av fettmasse (FM), er tap av muskelmasse (MM), samt en reduksjon i hvilemetabolisme (RMR) observert hos voksne inaktive mennesker(21). Utholdenhetstrening



har lenge vært anbefalt for å motvirke overvekt, men på grunn av det lave energiforbruket har styrketrening blitt utelatt. Til tross for at energiforbruket under styrketrening ikke er stort, spekuleres det i om økningen i MM som kan oppnås gjennom styrketrening vil kunne øke det totale daglige energiforbruket (TDEE) og dermed bidra til å motvirke overvekt(2,15).

Eksempelvis påstås det at det vil være fordelaktig å trene med en hensikt om å øke total MM hvis målet er å redusere FM og endre kroppssammensetningen(8). Økningen i MM vil da kunne gi bedre forutsetninger for å opprettholde et høyere energiforbruk på sikt(2). Hensikten med denne studien er å belyse denne tematikken og kartlegge styrketrenings effekt på RMR.

### **1.3 Formål og avgrensninger**

Til tross for at styrketrening kan påvirke kroppsvekt og kroppssammensetning gjennom flere faktorer i tillegg til RMR, er det i denne studien besluttet å fokusere utelukkende på effekten styrketrening har på RMR.

### **1.4 Problemstilling**

*Til hvilken grad kan man påvirke hvilemetabolismen gjennom styrketrening?*

### **1.5 Teori**

#### **1.5.1 Overvekt og kroppssammensetning**

Overvekt og ugunstig kroppssammensetning kan gi en økt risiko for hjerte- og karlidelser, hypertensjon, diabetes og flere typer kreft, bl.a. tykktarm, bryst, nyre, livmor, prostata, og risikoen øker med økt Body Mass Index (BMI)(1,2,6,15,22). BMI beskriver forholdet mellom vekt og kroppslengde, beregnes i henhold til formelen  $\text{kg/m}^2$ . WHO definerer overvekt basert på BMI, resultater  $>25$  plasserer testpersonen i kategorien overvektig, se tabell 1(1,2). BMI som målemetode anses som enkel og kostnadseffektiv og et godt mål for kartlegging av overvekt på store definerte befolkningsgrupper(2,23). Det anses likevel som et mangelfullt mål, da det bl.a. ikke inkluderer faktorer som kjønn, alder eller kroppssammensetning(2). Kroppssammensetning er begrep som beskriver den relative sammensetningen av en rekke vev i kroppen, som FM, skjelettmuskelmasse, beinmasse og væske(24). To andre enkle og kostnadseffektive mål for å kartlegge overvekt er midjemål og midje-hofte-ratio(8). Disse målemetodene kan fortelle noe om kroppssammensetningen ved å indikere mengden av visceralt fett. Visceralt fett er plassert rundt magen og innvollene, og har større negative

konsekvenser enn fett lagret på resten av kroppen. Det viscerale fett er bl.a. sentral risikofaktor i utviklingen av metabolsk syndrom og hjerte- og karlidelser.

**Tabell 1.** Risikokategorier basert på BMI i henhold til WHO(2).

Klassifikasjon	BMI	Helserisiko
Undervekt	<18.5	Lav (men økt risiko for andre kliniske problemer)
Normalvekt	18.5-24.99	Normal risiko
Overvekt	25-29.9	Lett risikoøkning
Fedme klasse I	30-34.99	Moderat risikoøkning
Fedme klasse II	35-39.9	Høy, kraftig risikoøkning
Fedme klasse III	≥ 40	Svært høy, ekstrem risikoøkning

Det finnes flere ulike metoder for å måle kroppssammensetning og hvilken metode som benyttes vil bl.a. kunne avgjøres av tilgjengelighet og kostnad(6). I forskning er dual energy x-ray absorptiometry (DEXA) regnet for å være beste alternativ for kartlegging av kroppssammensetning. DEXA benytter to røntgenstråler for å kartlegge FM, MM og beinminerale for hele kroppen, eller spesifikke deler av den. Resultatene baseres på at de forskjellige vevene absorberer strålingen ulikt. Da DEXA er svært kostbart benyttes det mest innen forskning, men anses å være brukervennlig. For valide resultater bør testpersonen ha unngått trening de siste 48 timene, samt være fastende og rehydrert. Hydrodensimetri er en annen relativt ressurskrevende måte å måle kroppssammensetning. Metoden baseres på kalkulasjoner gjort ut ifra testpersonens opprinnelige vekt og vekten når personen er fullstendig nedsenket i vann. Kroppssammensetningen kalkuleres deretter basert på estimat av vevstettheten til FM og fettfri masse (FFM). Dette kan være en potensiell feilkilde, da vevstettheten er vist å kunne variere på tvers av individer. Bod pod kan også benyttes for å måle kroppssammensetning og benytter de samme prinsippene som hydrodensimetri, men med luft som erstatning for vann. Bioimpedansmåling er en av de vanligste målemetodene for kroppssammensetning også utenfor forskning. Metoden baseres på at en lett strømimpuls sendes gjennom kroppsvevet og motstanden måles. Kroppssammensetningen kan ut ifra denne motstanden kalkuleres. Faktorer som faste og hydreringsnivå, samt trening vil kunne påvirke resultatene og en standardisert testprosedyre er dermed viktig.

En viktig styrke med målemetodene DEXA, hydrodensimetri, bod pod og bioimpedansvekt, er at disse, i motsetning til BMI, midjemål, midje-hofte-ratio og tradisjonell vekt, kan måle FM og fettprosent(2,6). Dette er nyttig, spesielt ved vektregulering og endring av kroppssammensetning, da en endring i FM eller fettprosent ikke nødvendigvis vil fanges opp av verken BMI, midjemål, midje-hofte-ratio eller en tradisjonell vekt(8). Eksempelvis kan MM økes en tilsvarende mengde som FM minskes. Til tross for en vesentlig reduksjon i både fettprosent og FM vil BMI da være uendret. Videre er menneskekroppens sammensetning av stor betydning for kroppens metabolisme(25). Dette er igjen av betydning for kroppssammensetning, da ulike vev har ulike krav til energi i hvile og kroppens energibalanse vil dermed påvirkes.

### **1.5.2 Totalt daglig energiforbruk**

Overvekt er i alle tilfeller et resultat av et større energiinntak enn energiforbruk(8). For å redusere kroppsvekten må dette forholdet vendes, slik at det oppnås en negativ energibalanse. Skal dette oppnås uten kostholdsrestriksjoner må en økning i TDEE finne sted(2). TDEE er summen av basalmetabolismen (BMR), den termiske effekten av fysisk aktivitet (TEPA) og den termiske effekten av næringsinntak (TEF)(26). TEF er økning i energiforbruket som et resultat av opptak og lagring av næringsstoffer fra tarmen. Dette fører videre til at stoffskiftene i cellene stimuleres og fordøyelsesorganens aktivitet øker. Ved et vanlig blandet måltid vil TEF/døgn (d) utgjøre omtrent 5-10% av BMR. BMR beskrives senere i et eget avsnitt.

TEPA kan videre deles inn i exercise activity thermogenesis (EAT) og nonexercise activity thermogenesis (NEAT), som kan kalles henholdsvis energiforbruket av trening og energiforbruket av fysisk aktivitet som ikke anses som trening. TEPA har et stort potensial for manipulasjon og fortjener dermed oppmerksomhet dersom man har intensjon om å påvirke TDEE(2,3). NEAT er vist å kunne utgjøre 150-250 kcal/d. Energiforbruket under trening vil variere med aktivitetsformen, men eksempelvis har styrketreningsøkter gjennomført med  $\geq 10$  sett vist å forbruke 186-276 kcal(8). Til sammenligning vil 60 minutter rask gange i ulendt terreng kreve omtrent 359-478 kcal for en person som veier 75 kg. Det bør dog påpekes at energiforbruket ved styrketrening bl.a. påvirkes av hvilke muskler som trenes og hvilke øvelser som gjennomføres. Eksempelvis vil knebøy, hvor store muskelgrupper brukes, kreve

langt mer energi enn albuefleksjon, som bruker mindre muskelgrupper.

Trening kan i tillegg til å øke energiforbruket under aktiviteten også øke energiforbruket i en periode etter aktiviteten(27). Fenomenet er kjent som etterforbrenning, eller excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) og er blitt observert i opp til 72 timer etter trening(21,28,29). Årsakene bak EPOC er ikke fullstendig kartlagt, men restitusjonsprosessene i kroppens celler etter en treningsøkt er trolig avgjørende(8). Størrelsen på EPOC ser videre ut til å avgjøres av 1) hvor mye MM som trenes, 2) intensiteten på treningsøkten og 3) varigheten på treningsøkten. Nøyaktig hvor stor effekten kan være er dermed vanskelig å tallfeste og det er stor ulikhet i forskningens observasjoner. Resultatene fra intensive fullkroppssøker strekker seg fra 23,9 til 717 kcal og det ser ut til at det er treningsintensiteten som har størst innvirkning på resultatene.

For å måle energiomsetningen kreves avansert metodikk som f.eks. dobbeltmerket vann eller indirekte kalorimetri(26). Dobbeltmerket vann er utmerket måte å måle energiforbruk, uten å påvirke testpersonens omgivelser under målingen(6). Metoden innebærer at testpersonen inntar vann beriket med tunge isotoper og basert på hastigheten kroppen skiller ut disse, kan man estimere CO<sub>2</sub>-produksjonen. Kjenner man da til testpersonens respiratoriske kvotient, kan man videre kalkulere energiforbruket. Den vanligste metoden for å måle energiforbruk er indirekte kalorimetri, som kan gjøres ved hjelp av helkroppskalorimetri, ventilert hette, ansiktsmaske eller munnstykke og neseklype. Målingen baseres på produksjonen av karbondioksid (CO<sub>2</sub>) og varme som oppstår under oksidering av næringsstoffer. Ved å måle oksygenforbruk (O<sub>2</sub>) og CO<sub>2</sub>-produksjon, eventuelt i kombinasjon med måling av nitrogenutskillelse i urin, er det mulig å beregne hvor mye av de energigivende næringsstoffene som forbrukes som energikilde og da også kunne måle hvor høyt energiforbruket er.

### **1.5.3 Basal- og hvilemetabolisme**

BMR er det minste mengden energi som er nødvendig for å opprettholde kroppens vitale funksjoner i våken tilstand og utgjør omtrent 60-75% av TDEE(2,3,30). BMR og RMR er uttrykk som ofte benyttes om hverandre til tross for at det er systematiske forskjeller mellom BMR og RMR, og BMR måles vanligvis omtrent 5-10% under verdiene for RMR(6,26,31). Faktorer som påvirker størrelsen på denne forskjellen er bl.a. kroppsstørrelse, MM, fysisk

form og hormonstatus(3). I tillegg vil kroppens overflateareal være avgjørende for varmetapet, som videre påvirker energien som trengs for å opprettholde kroppstemperaturen. Dette er kjent som “*surface area law*”.

For å måle BMR skal testpersonen ikke ha utført noen form for fysisk aktivitet i minimum 2 timer i forkant av målingen, samt at en omtrent 30 minutters lang liggende hvileprosedyre skal finne sted direkte i forkant. Dette er for å redusere påvirkning fra energikrevende prosesser. BMR blir ofte målt på morgenen, etter en natt søvn med inneholdende 12 timers faste, samt 24 timer treningsfri(26,32,33). I tillegg bør testpersonen være uten emosjonelt stress, kjent med testutstyr, i termoneutrale omgivelser (22-26°C) og i fullstendig hvile. RMR måles med testpersonen enten sittende eller liggende, etter minimum 15 minutter hvile, men også her kan hvileperioder som strekker seg over en hel natt med søvn forekomme(32,33). RMR er benyttet mer enn BMR innen det aktuelle feltet med forskning. I forkant av måling av RMR er faste en nødvendighet, da inntak av mat vil sette i gang fordøyelse og næringsopptak, som er energikrevende prosesser(34). Eksempelvis utforsket *Compher et al., i 2006*(34) metoder for måling av RMR og fant at ved måling etter 4 timer med faste, utgjorde TEF fremdeles 74-139 kcal/dag ( $\mu=99$  kcal) av RMR. Ved bruk av standardiserte testprosedyrer og testforhold er målinger av BMR/RMR vist å gi stabile og reliable resultater(3).

I fullstendig hvile benyttes kroppens tilgjengelige energi til indre organers arbeid, først og fremst leveren (200 kcal/kg/d), hjertet (440 kcal/kg/d), nyrene (440 kcal/kg/d) og hjernen (240 kcal/kg/d) men også skjelettmusklene (13-20 kcal/kg/d), fettvev (4.5 kcal/kg/d) og restmasse (12 kcal/kg/d)(8,21,25,26). Restmasse inkluderer skjelett, blod, hud, gastrointestinaltraktus, lunger, milt og andre små organer og vev som kun utgjør en liten del av totalen(25).

Musklenes energiforbruk i hvile går hovedsakelig til å opprettholde en viss muskelspenning, *tonus*, og står for omtrent 20% av energiforbruket(3,26). Dette kan økes mer enn 100 ganger ved maksimal anstrengelse og utgjør da omtrent 85% av energiforbruket(3). Videre er FFM, altså den totale kroppsmassen (TM) minus FM, den mest avgjørende faktoren for RMR og kan forklare 25-80% av variasjonen mellom individer(30,31,35,36). Dette bidrar videre til å forklare hvorfor kvinner er observert å ha en lavere RMR enn menn, da kvinner har en lavere relativ muskelmasse sammenlignet med menn(25,31,32). Andre faktorer som kaldt eller varmt klima, tobakksbruk, medikamenter, sykdommer, hormonstatus, graviditet og genetiske

forhold kan også påvirke RMR(4,26,31,32). Det er i tillegg observert variasjoner i FM og organvekt på tvers av etnisiteter, som også vil kunne påvirke RMR(32). Videre er det blitt rapportert om individuelle forskjeller i hvordan trening påvirker RMR(37,38).

#### **1.5.4 Styrketrening**

Styrketrening er all trening som er ment å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft(8). Med bakgrunn i at styrketrening relateres til kraftutvikling kan man dele det inn i maksimal- og eksplosiv styrketrening. Det skilles videre på flere former for styrketrening(8). De forskjellige formene, samt variablene som skiller dem, er vist i tabell 2. Adaptasjonene, deriblant hypertrofiresponsen til styrketrening vil variere på tvers av de forskjellige formene og korrekt valg av styrketreningsform er derfor viktig ved etablering av et treningsprogram eller en intervensjon(8).

Muskelhypertrofi påvirkes av eksogene og endogene faktorer(39). Eksogene faktorer relatert til styrketrening er bl.a. motstand, repetisjoner, sett og treningsvolum. Manipulering av disse faktorene vil bidra til effekt på de to overordnede treningsrelaterte faktorene bak muskelhypertrofi, mekanisk drag og metabolsk stress(8). Disse påvirker gjennom endogene faktorer forholdet mellom muskelproteinsyntese og muskelproteindegradering, som i en hypertrofisk tilstand er i favør muskelproteinsyntese. Syntesen av kontraktilt protein i muskelfibrene foregår da raskere enn degradingen og resultatet blir en økt mengde kontraktilt vev, MM.

Gjennom å kunne øke mengden FFM, er styrketrening regnet for å være et godt verktøy for å øke BMR/RMR(8). Dette støttes av at MM utgjør en vesentlig del av BMR/RMR og en metaanalyse av *Benito et al., 2020*(40), fant at hypertrofiresponsen av styrketrening kunne gi en økning på 1,5 kg over 4-24 uker(31,40). Det påstås derfor at trening med intensjon om å endre kroppssammensetning bør ha en intensjon om å oppnå maksimal hypertrofirespons(8). Ved en endring i kroppssammensetning som innebærer vektreduksjon vil i tillegg styrketrening kunne bidra til å forhindre reduksjonen i MM som ofte forekommer ved energiunderskudd. Dette bidrar videre til at BMR/RMR opprettholdes og eventuelle endringer blir lettere å vedlikeholde.

En vanlig test av muskelstyrke, som også benyttes i de fleste treningsrelaterte studier er 1 repetisjonmaksimum-test (1RM-test)(8,41). Denne testen går ut på å kartlegge den tyngste vekten en person klarer å løfte én gang med full bevegelsesbane og riktig teknikk(8). Påliteligheten av denne testen øker betraktelig når testpersonen har kjennskap til øvelsen og det er derfor ønskelig med en tilvenningsperiode med testøvelsen(e) i forkant av testen(41).

**Tabell 2.** Typiske trekk ved ulike styrketreningsformer(8).

Type trening	Nivå	Motstand (% 1 RM)	Reps	Pause (min)	Serier per øvelse	Øvelser per muskelgruppe	Frekvens per uke
Hypertrofi	Trent	70-85	6-12	2-3 (□) 1-2 (○)	2-4	2-5	1-3
	Utrent	60-80	6-15	2-3 (□) 1-2 (○)	1-3 <sup>1</sup>	1-2	
Maksimal styrke	Trent	>80	1-5	>3	4-8	1-4	2-3
	Utrent	70-85	4-8	>3	1-3	1-2	
Eksplisiv styrke	Trent	0-50 <sup>2</sup> (30-50)	1-5	>3	4-8	1-3	2-4
	Utrent	0-50	1-5	>3	2-4	1-2	
Muskulær utholdenhet	Trent	20-60	>15	0 <sup>3</sup> -2	2-4	2-4	1-3
	Utrent	20-60	>15	0-2	1-3	1-2	

(□) - hovedøvelser; flerleddsøvelser som involverer store muskelgrupper  
 (○) - isolasjonsøvelser  
 1 Overkroppsmuskulatur trenger et lavere volum (serier) enn beinmuskulatur for å få optimal effekt hos utrente.  
 2 Vi kan trene opp den eksplosive styrken også med tyngre motstand og maksimal mobilisering, men selve begrepet eksplosiv styrketrening er først og fremst assosiert med lettere vekter og maksimal mobilisering.  
 3 0 min pause indikerer sirkeltrening der man går direkte over på neste øvelse.

## 2 Metode

### 2.1 Metodevalg og begrunnelse

Problemstillingen skal besvares gjennom en litteraturstudie. Denne metoden er en systematisk tilnærming med intensjon om å oppnå en kunnskapsoversikt over vitenskapelige publikasjoner innen det aktuelle fagfeltet(42). I denne litteraturstudien er det benyttet primær- og sekundærkilder. Primærkilder er benyttet gjennomgående i studien og resultatene består utelukkende av dette. Både primær- og sekundærkilder er benyttet i innledning, teori og diskusjon.

## 2.2 Etikk

Ingen spesielle etiske problemstillinger eller utfordringer må tas hensyn til.

## 2.3 Litteratursøket

I forkant av litteratursøket ble det gjennomført testsøk for å kartlegge hensiktsmessige søkeord til anvendelse i litteratursøket. Litteratursøket ble gjennomført i databasene Ovid Medline og Pubmed. Søkestrategien er vist i tabell 3, 4, 5 og flytskjema i figur 1. Databasene ble valg på grunnlag av deres innhold av medisinske artikler knyttet til vår problemstilling, samt deres anerkjennelse.

**Tabell 3.** Søkeordkombinasjon.

strength OR hypertrophy OR resistance OR weight	AND	training OR exercise	AND	BMR OR basal metabolic rate OR RMR OR resting metabolic rate
----------------------------------------------------	-----	----------------------	-----	-----------------------------------------------------------------

**Tabell 4.** Søkefilter.

	PubMed	Medline
Age	Adult, 19-44	Adult, 19-44
Publication date	2001-2021	2001-2021
Species	Humans	Humans
Language	English	English
Text availability	Title + abstract	Title + abstract

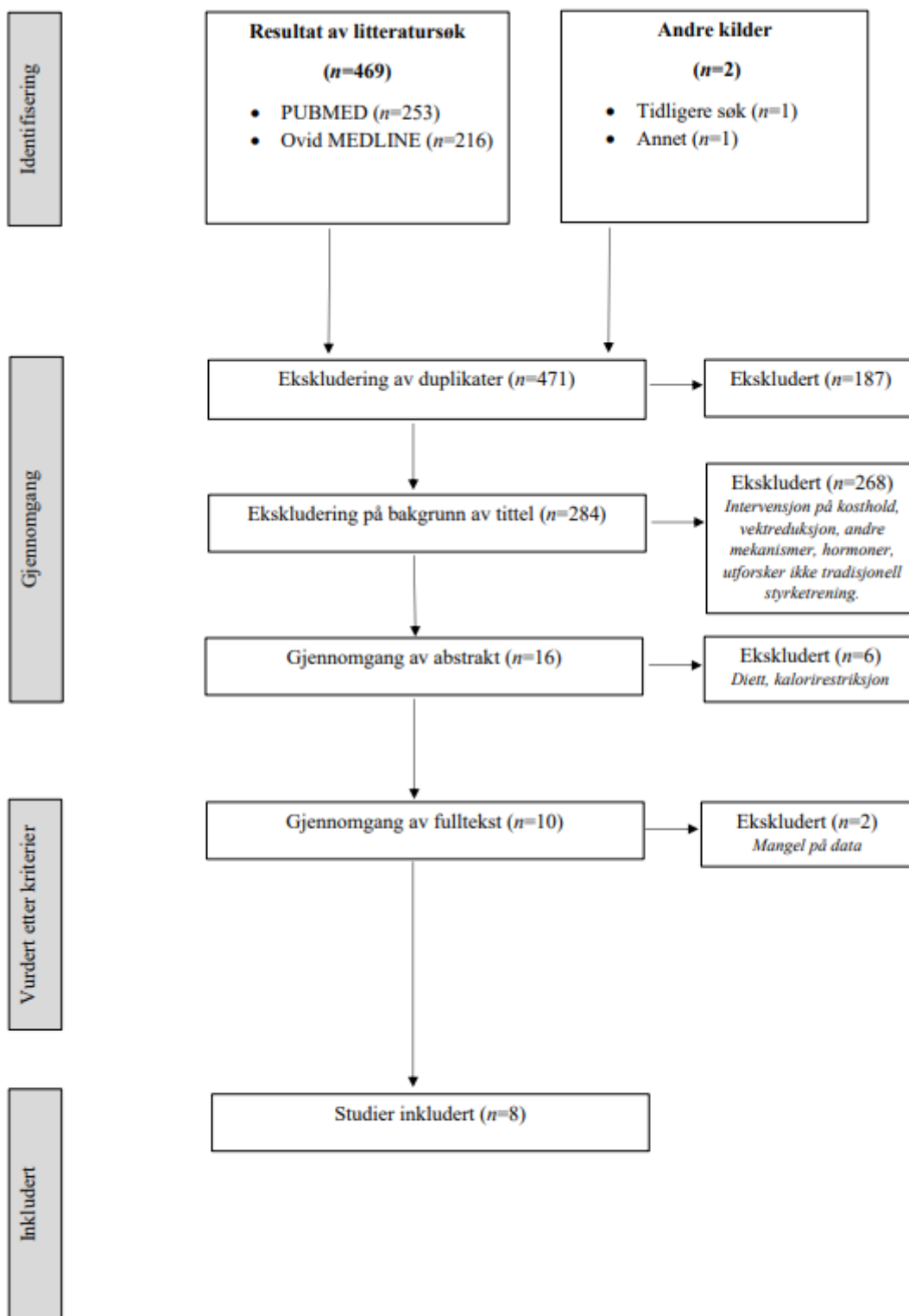
## 2.4 Inklusjons- og eksklusjonskriterier

For å begrense prosjektet, er det besluttet å utelukkende benytte systematiske oversiktsartikler, metaanalyser og intervensjonsstudier som utforsker effekten av styrketrening, evt. sammenlignet med andre intervensjoner, på BMR/RMR. Se tabell 5 for inklusjons- og eksklusjonskriterier.

**Tabell 5.** Inklusjonskriterier.

Inklusjonskriterier
Friske mennesker
Kun landbasert aktivitet
Publiseringsår (2001-2021)
Engelsk språk





Figur 1. Flytskjema.

### 3 Resultater

#### 3.1 Oversikt

Tabell 6. Oversikt over inkluderte studier.

Forfattere, år	Formål	Metode, lengden på intervensjon, antall deltakere	Resultater
<b>Studie 1; Poehlman et al., 2002(43)</b>	Undersøke styrke- og utholdenhetstrening sin effekt på TDEE hos inaktive kvinner	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RCT</li> <li>• 24 uker</li> <li>• n= 48</li> <li>• UT=13</li> <li>• ST=16</li> <li>• C=19</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ST:</b> RMR; 60 kcal/d, FFM; 1,3 kg</li> <li>• <b>UT:</b> RMR; 18 kcal/d, FFM; 0,7 kg</li> <li>• <b>C:</b> RMR; 31 kcal/d, FFM; -0,2 kg</li> <li>• Styrketrening ga en signifikant økning i RMR og FFM.</li> </ul>
<b>Studie 2; Kirk et al., 2009(11)</b>	Undersøke effekten av en seks måneders lav-volum styrketreningprotokoll på TDEE, RMR, SMR og substratbruk hos overvektige og tidligere inaktive individer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RCT</li> <li>• 6 måneder</li> <li>• n=39</li> <li>• ST=22</li> <li>• C=17</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ST:</b> RMR;162,3 kcal/d***, FFM; 1,5 kg</li> <li>• <b>C:</b> RMR; 56,2 kcal/d***, FFM; -0,3 kg</li> <li>• Styrketrening ga en signifikant økning i RMR og FFM.</li> </ul>
<b>Studie 3; Rustaden et al., 2018(4)</b>	Undersøke endringer i RMR etter tolv uker med BodyPump hos utrente, overvektige kvinner og sammenligne resultatene med tung tradisjonell styrketrening	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Undergruppe-analyse, data fra en RCT.</li> <li>• 12 uker</li> <li>• n=18</li> <li>• ST=8</li> <li>• BP=10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ST:</b> RMR; 154,7 kcal/d, MM*; 0,4 kg</li> <li>• <b>BP:</b> RMR; 114,9 kcal/d, MM*; 0,0 kg</li> <li>• Det ble observert en signifikant økning i RMR hos begge gruppene, men ingen endring i MM.</li> </ul>

<p><b>Studie 4; Broeder et al., 1992(44)</b></p>	<p>Undersøke effekten av tolv uker med enten tung styrketrening eller kondisjonstrening med høy intensitet på RMR hos utrente menn</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RCT</li> <li>• 12 uker</li> <li>• n=47</li> <li>• ST=13</li> <li>• UT=15</li> <li>• C=19</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ST:</b> RMR; 57,6 kcal/d***, FFM; 2,1 kg</li> <li>• <b>UT:</b> RMR; 31,0 kcal/d***, FFM; 0,9 kg</li> <li>• <b>C:</b> RMR; -17,2 kcal/d***, FFM; -0,2 kg</li> <li>• Det ble observert en signifikant økning i FFM hos styrketreningsgruppen, men ingen endring i RMR hos noen av gruppene.</li> </ul>
<p><b>Studie 5; Byrne og Wilmore, 2001(45)</b></p>	<p>Undersøke effekten av styrketrening, samt styrketrening kombinert med aerob trening, på RMR og FFM hos moderat overvektige kvinner</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RCT</li> <li>• 20 uker</li> <li>• n=28</li> <li>• ST=10</li> <li>• ST+UT=9</li> <li>• C=9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ST:</b> RMR; 44 kcal/d, FFM; 1,9 kg</li> <li>• <b>ST+UT:</b> RMR; -53 kcal/d, FFM; 1,9 kg</li> <li>• <b>C:</b> RMR; 17 kcal/d, FFM; 0,5 kg</li> <li>• Det ble observert signifikante forskjeller i RMR hos både ST og ST+UT i tillegg til en økning i FFM.</li> </ul>
<p><b>Studie 6; Lemmer et al., 2001(46)</b></p>	<p>Undersøke effekten av styrketrening på RMR, kroppssammensetning og TEPA og sammenligne resultatene på tvers av kjønns- og aldersgrupper</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kvasi- før-etter-studie uten kontroll(45)</li> <li>• 24 uker</li> <li>• n=35 (32**)</li> <li>• Menn 20-30=9</li> <li>• Kvinner 20-30=7</li> <li>• Menn 65-75=9</li> <li>• Kvinner 65-75=10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Menn (20-30 år):</b> RMR; 151,8 kcal/d***, FFM; 2,0 kg</li> <li>• <b>Kvinner (20-30 år):</b> RMR; 32,5 kcal/d***, FFM; 1,9 kg</li> <li>• <b>Menn (65-75 år):</b> RMR; 131,2 kcal/d***, FFM; 1,0 kg</li> <li>• <b>Kvinner (65-75):</b> RMR; 56,6 kcal/d***, FFM; 0,9 kg</li> <li>• Det ble observert en signifikant økning i RMR hos de mannlige gruppene. Det ble observert en signifikant økning i FFM hos samtlige grupper.</li> </ul>
<p><b>Studie 7; Mackenzie-Shalders et al., 2020(47)</b></p>	<p>Undersøke effekten av aerob-, styrke- og kombinert trening på RMR, undersøke til hvilken grad diettrelaterte restriksjoner, endring i kroppssammensetning og kroppsvekt påvirker endringer i RMR, samt få en oversikt over metodikk og målemetoder benyttet i</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematisk oversiktsartikkel og meta-analyse</li> <li>• 10 dager - 12 måneder</li> <li>• Kvalitativ analyse; 22 studier, 822 deltager.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ST:</b> RMR; 96,17 kcal/d</li> <li>• <b>UT:</b> 81.65 kcal/d</li> <li>• <b>ST+UT:</b> 74,6 kcal/d</li> <li>• Det ble konkludert at ST har en betydelig effekt på endring av RMR. Den samme effekten ble ikke funnet hos UT eller ST+UT.</li> </ul>

<p><b>Fort. Mackenzie-Shalders et al., 2020</b></p>	<p>studiene og evaluere dem etter retningslinjer for beste praksis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meta-analyse; 18 studier, 662 deltager;</li> <li>• I=392</li> <li>• C=270</li> </ul>	
<p><b>Studie 8; Stavres et al., 2018(48)</b></p>	<p>Undersøke effekten av en seks ukers periode med funksjonell styrketrening på BMR, kroppsvekt, BMI, FFM og FM hos inaktive kvinner</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kvasi før-etter-studie uten kontroll(45)</li> <li>• 6 uker</li> <li>• n=19</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ST:</b> RMR; 246,8 kcal/d, TM; 0,6 kg</li> <li>• Det ble observert en signifikant økning i BMR og kroppsvekt. Ingen endring i FFM, FM eller BMI.</li> </ul>
<p>RCT; Randomisert kontrollert studie, ST; Styrketrening, UT; Utholdenhet, BP; BodyPump, TDEE; Totalt daglig energiforbruk, RMR; Hvilemetabolisme, SMR; Energiforbruk under søvn, FFM; Fettfri masse, MM; Muskelmasse, FM; Fettmasse, TM; Total kroppsmasse, BMR; Basalmetabolisme, I; Intervensjonsgruppe                  * Studien oppgir ikke endring fettfri masse                  ** 35 gjennomførte all testing. Pga. manglende data ble 32 deltakere benyttet i den statistiske analysen                  *** Opprinnelig kJ, konvertert til kcal</p>			

## 3.2 Inkluderte studier

### 3.2.1 Studie 1 *Poehlman et al., 2002(43)*

*Effects of endurance and resistance training on total daily energy expenditure in young women: a controlled randomized trial*

**Formål:** Studiens intensjon var å belyse forskjellige typer trening sin effekt på TDEE. Forfatterne opplyser ikke om noen hypotese.

**Metode:** Studien er gjennomført som er en randomisert kontrollert studie (RCT). Studiens utvalg ble rekruttert gjennom markedsføring i lokale aviser og besto av premenopausale, normalvektige og inaktive kvinner i aldersgruppen 18-35 år. Deltakerne måtte ha en stabil vekt og kunne ikke ha gjennomført et regelmessig treningsprogram de siste seks månedene. Ved oppstart av intervensjonen var det 89 deltakere, hvorav 48 fullførte hele testprotokollen. I forkant av intervensjonen besøkte deltakerne gjentatte ganger General Clinical Research Center (GCRC) for å kartlegge sentrale mål og verdier. Ved første besøk ble glukosetoleranse, sykehistorie, fysisk eksaminasjon, VO<sub>2</sub>-max (maksimalt oksygenopptak) og blodverdier testet. Andre besøk fant sted 14 dager senere, etter tre dager med en standardisert diett og innebar en overnatting. Ved oppmøte ble kroppssammensetning målt ved bruk av DEXA, dobbelmerket vann administrert og urin samlet inn for å kartlegge deltakernes utgangspunkt. Neste morgen ble RMR målt ved bruk av indirekte kalorimetri og deltakerne gjennomførte en stresstest på tredemølle. I forkant av RMR-målingen hadde deltakerne fastet i 12 timer og RMR ble målt i 60 minutter. Siste besøk var ti dager senere og ny urininnsamling ble gjennomført. Videre ble deltakerne randomisert og plassert i tre forskjellige grupper, henholdsvis styrketreningsgruppe, aerobic treningsgruppe eller kontrollgruppe.

Begge treningsintervensjonene varte i 24 uker og besto av tre treningsøkter i uken, alle under tilsyn av en personlig trener. Den aerobe treningsprotokollen var todelt. De første 16 ukene ble det gjennomført en gradvis økning av treningsbelastningen, fra 25 minutter på 60%HR-maks (maksimal hjertefrekvens) i uke 1 til 40 minutter på 90%HR-maks i uke 16. De resterende åtte ukene ble det ukentlig gjennomført tre forskjellige intervalløkter på 80-95%HR-maks. Styrketreningsprotokollen startet med å kartlegge deltakernes

1 repetitionmaximum (1RM) i fire av de ni øvelsene som dannet fullkroppsprogrammet som skulle gjennomføres i protokollen. Øvelsene var som følger; leg press, bench press, leg extension, shoulder press, sit-ups, seated row, triceps extension, arm curls og leg curls. Styrketreningen foregikk videre på 60-80% av 1RM, med 10 repetisjoner per sett og 1-1,5 minutter pause mellom settene. Antall sett blir ikke oppgitt.

**Resultat:** Studien fant ingen endring i kroppsvekt, BMI, TDEE eller FM hos noen av gruppene, men så en signifikant økning i FFM (2,1 kg) hos styrketreningsgruppen. I tillegg ble det observert en økning i 1RM i fire av styrketreningprotokollens øvelser. Videre var styrketreningsgruppen den eneste med en signifikant økning i RMR (60 kcal/d), se tabell 7. Gruppen som gjennomførte aerob trening økte sin VO<sub>2</sub>- maks med 18%.

**Konklusjon:** Forfatterne konkluderer med at resultatene i den aktuelle studien antyder at trening ikke øker TDEE kronisk, men at det økte energiforbruket som kommer av trening i hovedsak er et direkte resultat av treningens energikostnad.

**Tabell 7.** *Poehlman et al., 2002(43)*

Energy expenditure component	Endurance training (n=13)		Resistance training (n=16)		Control (n=19)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
TEE (kcal/d)	2581 ± 530	2599 ± 440	2473 ± 429	2364 ± 285	2573 ± 355	2610 ± 426
RMR (kcal/d)	1388 ± 78	1362 ± 137	1351 ± 127	1411 ± 114*	1401 ± 140	1432 ± 166
PAEE (kcal/d)	943 ± 429	976 ± 406	845 ± 425	694 ± 248	928 ± 258	946 ± 289
RQ	0.83 ± 0.03	0.87 ± 0.08	0.85 ± 0.02	0.85 ± 0.03	0.83 ± 0.04	0.85 ± 0.04

Values are the means ± SD.  
\*P<0.05.  
TEE; Total daily energy expenditure, RMR; Resting metabolic rate, PAEE; Physical activity energy expenditure, RQ; Respiratory quotient

### 3.2.2 Studie 2 Kirk et al., 2009(11)

#### *Minimal Resistance Training Improves Daily Energy Expenditure and Fat Oxidation*

**Formål:** Studiens intensjon var å undersøke effekten av en seks måneders lav-volum styrketreningsprotokoll på TDEE, RMR, energiforbruk under søvn (SMR) og substratbruk ved bruk av hel-roms indirekte kalorimetri hos overvektige og tidligere inaktive individer. Forfatterens hypotese var at protokollen ville gi en økning i TDEE, RMR, SMR, samt endre substratbruken i retning av økt fettoksidasjon.

**Metode:** Studien er gjennomført som er en RCT. Studiens utvalg besto i utgangspunktet av 63 overvektige og inaktive menn og kvinner med en gjennomsnittsalder på 21 år og 39 fullførte intervensjonen. Utvalget ble randomisert til en styrketreningsgruppe og en kontrollgruppe med en 1,5:1- ratio.

Både TDEE, RMR, SMR, substratbruk, muskelstyrke og kroppssammensetning ble testet i forkant og etterkant av intervensjonen. I tillegg ble kostholdet evaluert hver måned gjennom intervensjonen. TDEE, RMR, SMR og substratbruk ble målt ved bruk av helkroppskalorimeter. Tre dager i forkant av målingen som ble gjennomført i forkant av intervensjonen fikk deltakerne utdelt en diett laget for å holde dem i energibalanse. Deltakerne ble i tillegg bedt om å opprettholde sitt vanlige aktivitetsnivå og unngå trening. Deltakerne entret kalorimetrirommet klokken 0800, etter å ha tilbrakt natten i laboratoriets soverom og ble værende til klokken 0700 den påfølgende dagen. Under oppholdet fikk deltakerne servert spesifikke måltider til bestemte tider, samt at de gjennomførte obligatoriske treningsøkter på en ergometersykkel for å kompensere for manglende NEAT. SMR ble målt i 4 timer mens deltakerne sov og RMR ble målt i 45 minutter i rygliggende stilling etter oppvåkning. Kroppssammensetning ble målt på ettermiddagen ved bruk av DEXA. Muskelstyrke ble kartlagt ved gjennomføring av 1RM-test i øvelsene chest press og leg press.

Styrketreningsprotokollen ble gjennomført over en seks måneders periode med tre treningsøkter for hele kroppen hver uke. I tillegg til testøvelsene ble back extension, lateral pulldown, triceps extension, shoulder press, calf raise, leg curl og abdominal crunch gjennomført. Den første uken med trening ble behandlet som en tilvenningsfase med lettere

vekter og fokus på teknikk. F.o.m. uke 2 ble det gjennomført 1 sett med 3-6RM på samtlige øvelser og motstanden ble oppjustert dersom mer enn 6 repetisjoner ble utført i samme øvelse to treningsøkter på rad. Alle treningsøkter var under tilsyn.

**Resultat:** Gjennomsnittlig varighet av hver enkelt treningsøkt var 11 minutter og ved endt intervensjon ble det funnet en signifikant økning hos styrketreningsgruppen i både 1RM og FFM (1,5 kg), sammenlignet med kontroll. Det ble også observert signifikante økninger i styrketreningsgruppens RMR (162,3 kcal/d), SMR (167,5 kcal/d) og TDEE (126,0 kcal/d), se tabell 8. Disse variablene hadde ingen signifikant endring i kontrollgruppen.

**Konklusjon:** Forfatterens hypotese støttes og det konkluderes med at et lav-volum styrketreningsprogram over en seks måneders periode kan bidra til å øke det totale energiforbruket, samt RMR og SMR og dermed kunne påvirke energibalansen.

**Tabell 8.** Kirk *et al.*, 2009(11)

Table 2. Twenty-four-hour, rest, and sleep expenditure at baseline and 6-month between the control (C, n=17) and resistance training (RT, n=22) groups.					
Variable	Group	Baseline	6 Months	Change	P for Group x Time Interaction <sup>a</sup>
24-h EE (kcal·d <sup>-1</sup> )	C	3068 ± 114	3132 ± 114	65 ± 40	0.30
	RT	3129 ± 86	3255 ± 92	126 ± 53*	
RMR (kcal·d <sup>-1</sup> )	C	2258 ± 89	2314 ± 103	56 ± 40	0.07
	RT	2207 ± 317	2370 ± 64	162 ± 41♦	
SMR (kcal·d <sup>-1</sup> )	C	2191 ± 77	2213 ± 81	22 ± 42	0.01
	RT	2185 ± 68	2353 ± 56	168 ± 39♦	

Values are the means ± SEM.  
 Group by time interaction from baseline to 6 month between the C and RT groups.  
 \* Significantly different within group, P < 0.05.  
 ♦ Significantly different within group, P < 0.001  
 EE; Energy expenditure, RMR; Resting metabolic rate, SMR; Sleep metabolic rate

### 3.2.3 Studie 3 Rustaden *et al.*, 2018(4)

*BodyPump versus traditional heavy load resistance training on changes in resting metabolic rate in overweight untrained women*

**Formål:** Intensjonen var å kartlegge endringer i RMR etter tolv uker med BodyPump (BP) hos utrente, overvektige kvinner og sammenligne resultatene med tung tradisjonell styrketrening. Forfatterens hypotese var at tung tradisjonell styrketrening ville gi en større økning i RMR enn BP.



**Metode:** Studien er en undergruppeanalyse fra en større RCT, *Rustaden et al., 2017(49)*. Rekrutteringen skjedde gjennom markedsføring på sosiale medier og Norges Idrettshøgskole (NIH) sine nettsider. Utvalget besto av 20 friske, utrente kvinner i aldersgruppen 18-65 år med BMI  $\geq 25.0$  og dataene er hentet fra tidligere nevnte RCT. 18 deltakere fullførte intervensjonen. Inklusjonskriteriene var BMI  $\geq 25.0$ , alder 18-65 år og ingen regelmessig trening de siste seks månedene. Regelmessig trening ble definert som  $\geq 2$  ganger per uke.

Både RMR, kroppssammensetning og muskelstyrke ble målt i forkant og etterkant av intervensjonen, RMR ble i tillegg målt ved seks uker(4). Alle målinger ble gjort på høgskolens laboratorium mellom klokken 0700 og 0900 etter 12 timers faste. Deltakerne ble bedt om å minimere fysisk aktivitet i forkant av målingene, samt frastå fra trening i minst 24 timer. RMR ble målt i 30 minutter med indirekte kalorimetri etter 15 minutter i ryggliggende stilling. Kroppssammensetning ble målt med bioimpedans, maksimalt tre dager fra RMR-målingen. For muskelstyrke ble 1RM testet i knebøy og benkpress.

Deltakerne ble randomisert og delt inn i to separate grupper, BP eller tradisjonell styrketrening. BP er en form for gruppetrening til musikk som benytter styrketreningsøvelser med lav motstand og høyt repetisjonsantall. BP-protokollen benyttet i studien var en konkret koreografi fra LesMills International. Styrketreningsprotokollen benyttet et standardisert non-lineært periodiseringsprogram med 3-6, 8-10 og 13-15 repetisjoner per sett, 2-4 sett per øvelse og samtlige økter ble utført under tilsyn av en personlig trener. Begge gruppene gjennomførte tre treningsøkter i uken over en 12-ukers periode. Styrketreningsprotokollens øvelsesutvalg besto av elleve øvelser og ble konstruert ut ifra BP, se tabell 9(49).

**Tabell 9.** *Rustaden et al., 2018(49)*

Music nr.	Exercise	Volum (reps)
1 Warming-up	Straight leg deadlift, rowing, shoulder press, squat, lunges and bicepscurl	88
2 Leg	Squat	95
3 Chest	Bench press	80
4 Back	Rowing, stiff legged deadlift, clean & press and power press	75
5 Triceps	French press, tricepspress, pullover and overhead tricepspress	78
6 Biceps	Bicepscurl	68
7 Leg	Squat, lunges and squat jump	72 + 24 jumps
8 Shoulders	Push up, lateral raise, rowing and shoulderpress	76 + 36 push up
9 Stomach	Sit-ups, sit-ups to the side and side-plank	51 + 30 seconds

**Resultat:** Halvveis i intervensjonen ble det foretatt ny måling av RMR, BP hadde da ingen signifikant endring, mens styrketreningsgruppen hadde en økning på 8,1% (114,0 kcal/d), se tabell 10(4). Ved avsluttet intervensjon ble RMR igjen målt og det observert en signifikant økning i hos begge grupper, henholdsvis 8,5% (114,9 kcal/d) for BP og 10,5% (154,7 kcal/d) for styrketreningsgruppen. Dette tilsier at det ikke er noen signifikant forskjell på tvers av gruppene endring i RMR. Det ble heller ikke observert en endring i MM hos noen av gruppene, eller på tvers av gruppene. Videre oppsummeres det at det både i forkant og etterkant av intervensjonen fantes en positiv korrelasjon mellom RMR og estimert MM. Det ble også observert en korrelasjon mellom endringer i RMR og endringer i MM. I tillegg ble det observert en signifikant økning i IRM i både knebøy og benkpress hos begge gruppene. Økningen var signifikant større hos styrketreningsgruppen sammenlignet med BP.

**Konklusjon:** Studiens resultater falsifiserer forfatterens hypotese og det konkluderes med at BP og tradisjonell styrketrening ga lignende økninger i RMR etter tolv uker trening. Med antakelse om at RMR er en viktig faktor for å motvirke overvekt og fedme, ser BP ut til å ha samme potensiale som styrketrening.

**Tabell 10.** Rustaden et al., 2018(4)

Assessment time-point	BP (n=10)	RT (n=8)
Baseline (kcal)	1 447.3 (±203.3)	1 431.6 (±137.7)
Midway (kcal)	1 432.2 (±204.8)	1 545.6 (±170.8)*
Post-test (kcal)	1 562.2 (±231.4)*	1 586.3 (±251.6)*

\* Significant ( $p \geq 0.005$ ) compared to baseline

### 3.2.4 Studie 4 Broeder et al., 1992(44)

*The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate*

**Formål:** Studiens intensjon var å undersøke effekten av tolv uker med enten tung styrketrening eller kondisjonstrening med høy intensitet på RMR hos utrente menn. Forfatterne opplyser ikke om noen hypotese.

**Metode:** Studien er gjennomført som er en RCT. Studiens utvalg ble rekruttert fra Universitetet i Texas, lokalisert i Austin og nærliggende område. Deltakerne var tidligere aktive, men nåværende utrente menn, i aldersgruppen 18-35 år og hadde ikke vært gjennom en vesentlig endring i kroppssammensetning de siste seks månedene. Totalt ble 64 menn rekruttert og 47 fullførte intervensjonen.

Både RMR, kroppssammensetning, muskelstyrke og VO<sub>2</sub>-max ble målt i forkant av intervensjonen. I tillegg ble tre dagers energiinntak og fysisk aktivitet loggført. Kroppssammensetning ble målt ved hydrodensimetri og verifisert ved 6-punkts hudfoldtykkelsemåling. For testing av RMR ble deltakerne fraktet i bil til testlokalene. RMR ble målt etter åtte timer søvn og 12 timer faste og deltakerne hadde ikke trent på minimum 48 timer. I tillegg hvilte deltakerne minimum 30 minutter i en tilbaketrent stilling i forkant av den 30 minutter lange målingen. Muskelstyrke ble målt ved testing av 1RM i bench press, barbell curl, triceps pressdown, leg press, leg extension og leg curl. Videre ble utvalget randomisert i tre separate grupper, styrketrening, utholdenhetstrening og kontroll.

Styrketreningsprotokollen varte i tolv uker og besto av fire treningsdager i uken. I tillegg til testøvelsene ble også følgende øvelser gjennomført; parallel dip, behind-neck press, upright rows, lat pulldown og abdominal crunch. Øvelsene ble fordelt på en overkropps- og en underkroppsøkt, som hver ble gjennomført to ganger per uke. De to første ukene av protokollen ble det gjennomført 10-12 repetisjoner og 3 sett per øvelse. De neste ti ukene ble motstanden tilrettelagt for at utmattelse skulle inntreffe ved 10-12, 8-10 og 6-8 repetisjoner for henholdsvis første, andre og tredje sett. Utholdenhetsprotokollen hadde en gradvis progresjon som ved uke 4 skulle være 40 minutter ved minimum 70% av VO<sub>2</sub>-max, ved uke 8 være 50 minutter ved minimum 70-85% av VO<sub>2</sub>-max og en intervalløkt på  $\geq 90\%$  av VO<sub>2</sub>-max skulle legges til de siste fire ukene. Alle treningsøkter for begge intervensjonsprotokollene var under tilsyn. Kontrollgruppen ble instruert om å ikke gjøre endringer i nåværende kosthold og aktivitetsnivå.

**Resultat:** Ved endt intervensjon ble det hos styrketreningsgruppen funnet en signifikant økning i både FFM (2,1 kg) og 1RM sammenlignet med målingen i forkant av intervensjonen. Økningen i 1RM var i tillegg signifikant større hos styrketreningsgruppen enn hos utholdenhet- og kontrollgruppen. Økningen i FFM var signifikant både sammenlignet med

målingen før intervensjonen og sammenlignet med utholdenhet- og kontrollgruppen. Det ble ikke observert noen forskjeller i RMR hos noen av gruppene, eller på tvers av gruppene, se tabell 11. Det ble dog funnet en korrelasjon mellom økningen i FFM og endringen i RMR målt i kJ/min for styrketreningsgruppen.

**Konklusjon:** Forfatterne konkluderer med at ingen av treningsintervensjonene økte RMR, men kan ha motvirket reduksjonen som kan finne sted ved en negativ energibalanse.

**Tabell 11.** Broeder et al., 1992(44)

Variable	Pretreatment			Posttreatment		
	Control (n=19)	Resistance (n=13)	Endurance (n=15)	Control (n=19)	Resistance (n=13)	Endurance (n=15)
<b>RMR</b>						
(kcal/min)	1.32 ± 0.04	1.28 ± 0.04	1.25 ± 0.03	1.31 ± 0.03	1.32 ± 0.05	1.27 ± 0.03
(kcal·kg TWT <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	1.01 ± 0.04	0.96 ± 0.03	0.97 ± 0.04	0.99 ± 0.02	0.98 ± 0.02	1.00 ± 0.03
(kcal·kg FFW <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	1.24 ± 0.03	1.22 ± 0.03	1.19 ± 0.04	1.22 ± 0.02	1.21 ± 0.03	1.20 ± 0.03
<b>RER</b>	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.78 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.83 ± 0.01♦
<b>SHR (bpm)</b>	56.0 ± 1.5	55.0 ± 1.7	57.0 ± 3.0	57.3 ± 1.4	54.2 ± 2.1	51.4 ± 2.3♦♦
<b>RHR (bpm)</b>	59.2 ± 1.5	61.0 ± 2.5	61.9 ± 2.7	60.2 ± 1.5	59.8 ± 2.2	55.7 ± 2.4♦♦

\*Values are the means ± SE.  
♦ Significantly different from pretreatment for same group, *P* <0.05.  
♦♦ Significantly different from posttreatment control and resistance, *P* <0.05.  
RMR; Resting metabolic rate, RER; Respiratory exchange ratio, SHR; Sleeping heart rate, RHR; Resting heart rate

### 3.2.5 Studie 5 Byrne og Wilmore, 2001(45)

*The effects of a 20-week exercise training program on resting metabolic rate in previously sedentary, moderately obese women*

**Formål:** Studiens intensjon var å undersøke effekten av styrketrening, samt styrketrening kombinert med aerob trening, på RMR og FFM hos moderat overvektige kvinner.

Forfatterens hypotese var at treningen vil øke RMR.

**Metode:** Studien som er gjennomført er en RCT. Studiens utvalg ble rekruttert fra Universitetet i Texas, lokalisert i Austin og nærliggende område. Deltakerne var inaktive kvinner mellom 18 og 45 år, hadde hatt en stabil kroppsvekt det siste året, hadde minst 30% kroppsfett og hadde ikke bedrevet regelmessig trening de siste to årene. I tillegg kunne ikke deltakerne ha benyttet oral prevensjon det siste året, eller ha opplevd uregelmessigheter i menstruasjonssyklusen. Totalt ble 36 kvinner rekruttert og 28 fullførte intervensjonen.

Både RMR, kroppssammensetning, muskelstyrke og  $VO_2$ -max ble målt i forkant av intervensjonen gjennom tre separate besøk på testlaboratoriet. De samme testene ble gjennomført i etterkant av intervensjonen. For testing av kroppssammensetning ble deltakerne instruert om å møte opp uten å ha inntatt mat eller koffein de siste 4 timene og målingen ble gjort ved hydrodensimetri. RMR ble målt på to påfølgende dager og deltakerne ble instruert om å forholde seg inaktive de siste 36 timene i forkant av første test. Dette innebar bl.a. at deltakerne ble fraktet til laboratoriet i bil. Direkte i forkant av målingen ble deltakerne plassert i lenestol hvor de hvilte i 30 minutter, deretter ble RMR målt i 30 minutter. I tillegg ble deltakernes energiinntak de tre siste dagene før testen kartlagt for å etablere hvorvidt de var i energibalanse. 3RM ble kartlagt i seks av protokollens styrketreningsøvelser, etter en ti dagers tilvenningsfase.

Deltakerne ble randomisert og delt inn i tre separate grupper, styrketrening, styrketrening og aerob trening og kontroll. Samtlige av protokollene varte i fem måneder. Styrketreningsprotokollen besto av fire treningsøkter i uken, annenhver overkropp og underkropp og inneholdt totalt 14 øvelser. Øvelsene var som følger; standing chest press, incline chest flyes, lying down row, assisted dips, overhead press, side lateral raises, tricep kick back, abdominal crunches, leg press, leg extension, leg curl, lat pulldown, assisted pull-ups og barbell curl. De første seks ukene utførte deltakerne 3 sett med 10-12 repetisjoner per sett per øvelse. Den resterende perioden av intervensjonen gjennomførte deltakerne 3 sett med 10-12, 8-10 eller 6-8 repetisjoner per sett per øvelse. I protokollen med styrketrening og aerob trening gjennomførte deltakerne en identisk styrketreningsprotokoll, men i tillegg tre dager i uken med gange som aerob trening. Den aerobe treningen hadde en gradvis progresjon fra 20 minutter ved 50%  $VO_2$ -max ved start til 40 minutter på 70%  $VO_2$ -max ved slutten av intervensjonen. Samtlige deltakere ble instruert om å loggføre energiinntaket i tre dager hver måned, to ukedager og en helgedag, i tillegg til å ivareta sitt vanlige kosthold gjennom hele intervensjonen. Kontrollgruppen ble instruert om å ikke trene.

**Resultat:** Ved endt intervensjon hadde både styrketreninggruppen, samt gruppen som gjennomførte kombinert styrke- og aerob trening en signifikant økning i FFM på 1,9 kg. Styrketreninggruppen hadde i tillegg en signifikant økning i RMR (44 kcal/d), se tabell 12. Sett relativt til økningen i FFM var det ingen forskjell mellom RMR-målingene før og etter intervensjonen for styrketreninggruppen. Gruppen som gjennomførte kombinert styrke- og

aerob trening, hadde til motsetning en reduksjon i RMR (-53 kcal/d). Denne reduksjonen var signifikant både isolert og relativt til FFM. Ingen endring ble observert hos kontrollgruppen. Både gruppen som gjennomførte styrketrening og gruppen som gjennomførte styrketrening og aerob trening ble observert å ha signifikante økninger i 3RM. Det ble ikke observert noen signifikant endring i 3RM hos kontrollgruppen.

**Konklusjon:** Studiens resultater støtter forfatterens hypotese og det det konkluderes med at styrketrening kan muliggjøre en økning i RMR gjennom å øke FFM.

**Tabell 12.** Byrne og Wilmore, 2001(45)

Variable	Pre-treatment			Post-treatment		
	RT (n=10)	RT/W (n=9)	C (n=9)	RT (n=10)	RT/W (n=9)	C (n=9)
RMR ml · min <sup>-1</sup>	208 ± 9	199 ± 6	202 ± 5	215 ± 9*	191 ± 7*	204 ± 5
kcal · day <sup>-1</sup>	1451 ± 62	1389 ± 39	1409 ± 39	1495 ± 63*	1336 ± 42*	1426 ± 38
kJ · day <sup>-1</sup>	6071 ± 259	5812 ± 163	5895 ± 163	6255 ± 264*	5590 ± 176*	5966 ± 159
kJ · kgFFM <sup>-1</sup> · day <sup>-1</sup>	123.0 ± 2.5♦	127.6 ± 2.9	134.7 ± 3.8	122.2 ± 3.3	118.0 ± 2.1*	135.1 ± 4.2
RER	0.82 ± 0.01	0.83 ± 0.01	0.82 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.83 ± 0.01	0.83 ± 0.01
RHR (b · m <sup>-1</sup> )	63.4 ± 2.5	66.5 ± 3.2	63.0 ± 3.1	60.5 ± 1.9	59.3 ± 3.0*	62.2 ± 2.8

Note. Data are expressed as mean ± SE.  
 \*Significantly different from pre-treatment for same group ( $p \geq .05$ ).  
 ♦Significantly different from control, same time ( $p \geq .05$ ).  
 RMR; Resting metabolic rate, RER; Respiratory exchange ratio, RHR; Resting heart rate, RT; Resistance training, RT/W; Resistance training and walking, C; Control group

### 3.2.6 Studie 6 Lemmer et al., 2001(46)

*Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons*

**Formål:** Intensjonen var å utforske effekten av styrketrening på RMR, kroppssammensetning og TEPA, og sammenligne resultatene på tvers av kjønns- og aldersgrupper, men forfatterne opplyser ikke om noen hypotese.

**Metode:** Dette er en kvasi- intervensjonsstudie uten kontrollgruppe, ofte kalt kvasi før-etterstudie(50). Studiens utvalg ble rekruttert etter å ha blitt intervjuet over telefon og ble ved deltakelse delt inn i gruppene unge menn (20-30 år), unge kvinner (20-30 år), gamle menn (65-75 år) og gamle kvinner (65-75 år)(46). Deltakerne hadde vært fysisk inaktive de siste

seks månedene, røyket ikke og tok ikke medisiner som påvirket metabolismen. Det var dog to eldre kvinner som fikk hormonerstatningsterapi, samt tre unge kvinner som tok orale prevensjonsmidler. Totalt ble 46 deltakere rekruttert, 40 gjennomførte intervensjonen, hvorav 35 gjennomførte all testing. Pga. manglende data ble 32 deltakere benyttet i den statistiske analysen.

Både RMR, kroppssammensetning, muskelstyrke, aktivitetsnivå og VO<sub>2</sub>-maks ble målt i forkant og etterkant av intervensjonen. Kroppssammensetningen ble målt DEXA. Ved måling av RMR ble deltakerne instruert om å 1) faste i 12 timer, 2) ha på seg behagelige klær og 3) unngå fysisk aktivitet i forkant av målingen og 4) møte opp på laboratoriet før kl 0700. Direkte i forkant av målingen ble deltakerne plassert i seng hvor de hvilte i 30 minutter, deretter ble RMR målt i 30 minutter. For å kunne evaluere styrketreningens effektivitet ble deltakernes 1RM-testet i syv av protokollens øvelser, etter seks treningsøkter for tilvenning. Testøvelsene var som følger; leg press, leg extension, chest press, lat pull-down, shoulder press, triceps pushdown og biceps curl. Deltakernes aktivitetsnivå ble målt ved fire dagers kontinuerlig bruk av hoftebåren aktivitetsmåler, ved start, midtpunkt og avslutning av intervensjonen.

Styrketreningens protokoll ble gjennomført over en 24 ukers periode med tre treningsøkter for hele kroppen hver uke. Protokollens øvelser var som følger; unilateral leg press, leg curl, leg extension, chest press, lat pull-down, military press, upper back- og triceps machine, biceps curls og to mageøvelser. Videre var protokollens periodisert og delt opp i to 12-ukers perioder. I den første 12-ukers perioden gjennomførte deltakerne 1 sett per øvelse for overkroppsovelsene og 2 sett per øvelse for underkroppsovelsene. På samtlige øvelser, med unntak av bicepscurl, ble følgende prosedyre benyttet for hver sett; Deltakerne gjennomførte først en 5RM, deretter ble motstanden redusert nok til at de klarte 1-2 repetisjoner til. Dette ble gjentatt til totalt 15 repetisjoner var gjennomført. Den andre 12-ukers perioden skilte seg fra den første ved at én av de tre øktene hadde 1 sett per øvelse for både underkropp- og overkroppsovelsene. I denne perioden besto et enkelt sett av en ~15RM, med repetisjonene fra et oppvarmingssett på 50% av 1RM inkludert. Alle treningsøkter var under tilsyn av trener.

**Resultat:** Ved endt intervensjon ble det funnet en signifikant økning i FFM og 1RM for alle kjønns- og aldersgrupper. Det ble også observert en signifikant økning i RMR hos mennene (141,5 kcal/d), men ingen forskjell ble observert hos kvinnene (46,8 kcal/d), se tabell 13. Hele utvalget samlet viste også en signifikant økning. Også RMR relativt til FFM økte hos mennene (1,7 kcal/kg/d), men ikke hos kvinnene (0,0 kcal/kg/d). Det ble ikke funnet noen forskjell i TDEE hos noen av gruppene, eller på tvers av gruppene.

**Konklusjon:** Forfatterne konkluderer med at endringer i RMR som respons på styrketrening kan påvirkes av kjønn, men ikke alder.

**Tabell 13.** Lemmer *et al.*, 2001(46)

	Yong Men (N=9)		Yong Women (N=7)		Older Men (N=9)		Older Women (N=10)	
	Before Training	After Training	Before Training	After Training	Before Training	After Training	Before Training	After Training
<b>RMR</b>								
kcal · d <sup>-1</sup>	1694.8 ± 314.5	1846.6 ± 331.3♦	1263.6 ± 222.8	1009.3 ± 168.0	1481.4 ± 123.1	1612.6 ± 593*	1216.1 ± 212.7	1272.7 ± 171.8
kcal · kg FFM · d <sup>-1</sup>	26.8 ± 2.2	26.2 ± 2.4*	29.6 ± 2.6	29.4 ± 2.6	26.5 ± 1.4	28.2 ± 7*	29.9 ± 5.7	30.4 ± 4.3
RER	0.87 ± 0.051	0.83 ± 0.082	0.87 ± 0.067	0.88 ± 0.065	0.88 ± 0.028	0.86 ± 0.028	0.86 ± 0.055	0.88 ± 0.065
	Yong Men and Women (N=16)		Older Men and Women (N=19)		Yong and Older Men (N=18)		Yong and Older Women (N=17)	
<b>RMR</b>								
kcal · d <sup>-1</sup>	1506.2 ± 0.348	1605.9 ± 0.386♦	1341.8 ± 218.9	1433.8 ± 232.6♦	1588.2 ± 256.1	1729.7 ± 274.9♦♦	1235.7 ± 211.3	1282.5 ± 165.4
kcal · kg FFM · d <sup>-1</sup>	28.2 ± 12	28.9 ± 2.6	28.2 ± 4.5	29.4 ± 3.6	26.5 ± 1.9	28.2 ± 1.9♦	29.9 ± 4.8	29.9 ± 3.8
RER	0.87 ± 0.057	0.85 ± 0.079	0.87 ± 0.045	0.87 ± 0.050	0.88 ± 0.041	0.84 ± 0.062	0.86 ± 0.059	0.88 ± 0.063

All values are mean ± SD.  
 Significantly different from before training. \*  $P < 0.05$ , ♦  $P < 0.01$ .  
 ♦ After controlling for FFM, RMR was significantly greater than baseline at  $P < 0.05$ .  
 RMR; Resting metabolic rate, FFM; Fat-free mass, RER; Respiratory quotient, ST; Strength training

### 3.2.7 Studie 7 Mackenzie-Shalders *et al.*, 2020(47)

*The effect of exercise interventions on resting metabolic rate: A systematic review and metaanalysis*

**Formål:** Studiens hovedhensikt var å kartlegge effekten av aerob-, styrke- og kombinert trening på RMR, målt med indirekte kalorimetri og sammenlignet med en kontrollgruppe. Sekundært ønsket forfatterne å gjennomføre analyser på undergrupper for å undersøke til hvilken grad diettrelaterte restriksjoner, endring i kroppssammensetning og kroppsvikt påvirker endringer i RMR. En siste intensjon med studien var å etablere en oversikt over metodikk og målemetoder benyttet i studiene og evaluere dem etter retningslinjer for beste praksis. Studiens hypotese var at regelmessig eller langvarig trening vil vises å ha en målbar effekt på RMR i samsvar med endring i kroppssammensetning.



**Metode:** Denne studien er en systematisk oversiktsartikkel og metaanalyse. Litteratursøket ble gjennomført 22.07.2018 i databasene MEDLINE, EMBASE, CENTRAL og SPORTSDISCUS. Dersom studier inkluderte flere intervensjonsgrupper og så på forskjellige typer fysisk aktivitet, ble alle data hentet ut på hver intervensjon og analysert separat. Når flere intervensjoner rapporterte om samme type aktivitet, ble resultatene samlet og sammenlignet med kontrollgruppene i en enkelt analyse.

Studiens utvalg var som følger: 22 studier ble inkludert den kvalitative analysen og disse hadde totalt 822 deltakere. Fire studier ble ekskludert fra metaanalysen og den besto dermed av 18 studier. Studiene ble ekskludert på bakgrunn av at de kun presenterte data uten sentralmål/variens eller i grafer, at de ikke spesifiserte deltakerantall, eller at måleenheten benyttet i studien ikke kunne konverteres reliabelt til metaanalysen. Resterende inkluderte studier benyttet et parallell studiedesign, med unntak av en crossover-design og inneholdt data fra totalt 392 deltakere, samt 270 fra kontrollgrupper.

Studier ble inkludert om de tilfredsstillte samtlige av følgende krav, 1) randomiserte kontrollerte studier, kluster randomiserte kontrollerte studier, kvasi randomiserte kontrollerte studier, prospektive kohortstudier og retrospektive kohortstudier, 2) utforsket voksne  $\geq 18$  år, 3) intervensjon som inkluderer trening og fysisk aktivitet, 4) inkluderer en kontrollgruppe som ikke trener, 5) måler RMR i starten og slutten av studien ved hjelp av indirekte kalorimetri.

Studier hvor utvalget besto av en populasjon med tilstander som påvirker RMR ble ekskludert. Eksempelvis nevnes bl.a. sepsis, sykdom knyttet til skjoldbruskkjertelen, eldre  $\geq 65$  år, gravide, ammende og postmenopausale kvinner. I tillegg ble studier som involverte stimulanter eller kun observerte én treningsøkt ekskludert. Det var ingen dato- eller språkkriterier og artikler skrevet på andre språk enn engelsk ble oversatt.

Flertallet av de inkluderte studiene gjennomførte måling av RMR i 30-45 minutter. Videre rapporterte seks studier måling i 10-25 minutter, mens de resterende fire studiene ikke rapporterte varighet.

Studiene rapporterte flere forskjellige metoder for å måle kroppsmasse. DEXA, hydrodensimetri eller luftforskyvningspletysmografi, bioimpedans- eller

hudfoldtykkelsemåling. Det var flere studier som rapporterte TM, men ikke FFM og tre studier som ikke rapporterte verken TM eller FFM.

Flere av de utvalgte studiene utforsket kun trening og hadde et overveiende fokus på enten aerob trening, styrketrening eller en kombinasjon av begge treningsmetodene. De var i tillegg studier som undersøkte kombinasjonen av diett og trening, der to studier utforsket kosthold og styrketrening. Studiene varte fra 10 dager til 12 måneder hvor flertallet hadde en varighet på 12 uker.

**Resultat:** Studiens primære funn var som følger, 1) Styrketrening gir en signifikant økning i RMR målt med indirekte kalorimetri sammenlignet med en kontrollgruppe, 2) aerob-, eller en kombinasjon av aerob- og styrketrening gir ikke en signifikant økning i RMR sammenlignet med en kontrollgruppe, 3) manglende data om datainnsamlingen av kroppssammensetning gjorde det ikke mulig å identifisere korrelasjon mellom kroppssammensetning og endringer i RMR og 4) en rekke studier informerte ikke om sentrale aspekter av deres metode og det er variasjon i metoder brukt på tvers av studiene. Disse funnene baseres bl.a. på metaanalysen, som ga følgende resultater; intervensjoner med aerob trening hadde en ikke-signifikant økning på 81,65 kcal/d, kombinert aerob og styrketrening hadde en ikke-signifikant økning på 74,6 kcal/d og styrketrening hadde en signifikant økning på 96,17 kcal/d.

**Konklusjon:** Studiens resultater falsifiserer forfatterens hypotese og det konkluderes med at kun styrketrening genererer en signifikant økning i RMR, men at aerob-, eller en kombinasjon av aerob- og styrketrening ikke gir en signifikant økning.

### 3.2.8 Studie 8 *Stavres et al., 2018(48)*

*Six weeks of moderate functional resistance training increases basal metabolic rate in apparently healthy adult women*

**Formål:** Studiens intensjon var å utforske effekten av en seks ukers periode med funksjonell styrketrening med flerleddsøvelser på BMR, TM, BMI, FFM og FM hos inaktive kvinner. Forfatterens hypotese var at BMR og FFM ville økes signifikant, men at kroppsvekt, BMI og FM ville være uendret.

**Metode:** Dette er en kvasi- intervensjonsstudie uten kontrollgruppe, ofte kalt kvasi før-etter-studie(45). Studiens utvalg besto i utgangspunktet av 20 inaktive kvinner med en gjennomsnittsalder på 48 år og 19 fullførte intervensjonen.

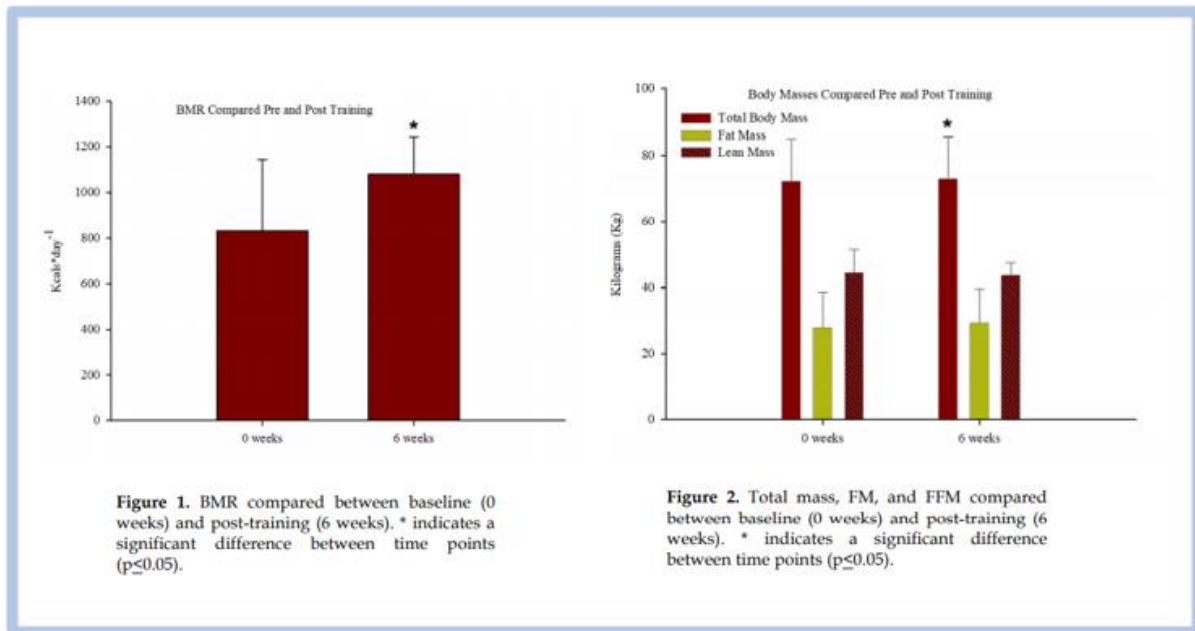
Både BMR og kroppssammensetning ble testet i forkant og etterkant av intervensjonen. I tillegg ble muskelstyrke testet i forkant av intervensjonen. Deltakerne ble instruert om å møte til testingen etter åtte timer faste og 24 timer uten trening. BMR ble målt med indirekte kalorimetri i 30 minutter og de siste 15 minuttene ble benyttet som data. Målingen ble gjennomført i ryggliggende stilling. Kroppssammensetningen ble målt ved bruk av bodpod, hvor gjennomsnittet av to målinger ble benyttet. Muskelstyrketesten ble gjennomført med følgende øvelser; front squat, overhead press, bent-row, trunk twist, side-step squat, chest raise, dumbell row, bicep curl og triceps extension. Det ble gjennomført 3 sett med varierende motstand på hver av øvelsene og deltakerne opplyste om opplevd anstrengelse (RPE). Testprosedyren for hver enkelt øvelse ble avsluttet når deltakerne opplevde motstanden som RPE 12 eller 13.

Styrketreningsprotokollen ble gjennomført over en seks ukers periode med to treningsøkter for hele kroppen hver uke. Øvelsene benyttet i protokollen var de samme som ble testet i forkant av intervensjonen og treningsøktene hadde en varighet på omtrent 60 minutter. Settene ble gjennomført på RPE 12 og 13 og motstanden ble økt dersom RPE falt under 11. Det var også en progresjon i treningsvolumet annenhver uke. Ved første uke ble fem av øvelsene gjennomført med 2 sett med 5-8 repetisjoner per økt. Siste uke besto av 4 sett med 9-10 repetisjoner på samtlige av de ni øvelsene. Alle treningsøkter var under tilsyn av en trener.

**Resultat:** Ved endt intervensjon ble det funnet en signifikant økning i BMR (246,8 kcal/d), en liten økning i kroppsvekt, men det ble ikke funnet noen endring i verken FFM, FM eller BMI, se figur 2. Det ble heller ikke funnet noen korrelasjon mellom endringer i kroppsvekt og absolutt eller relativ BMR.

**Konklusjon:** Studiens resultater falsifiserer større deler av forfatterens hypotese, henholdsvis antakelsen om at FFM skulle øke og at TM skulle være uendret. Likevel støttes antakelsen om

at BMR ville øke og at FM og BMI ville være uendret. Forfatterne konkluderer med at seks uker med funksjonell styrketrening vil kunne øke BMR.



Figur 2. Stavres et al., 2018(48)

## 4 Diskusjon

### 4.1 Kildekritikk

#### 4.1.1 Design

Syv av de totalt åtte inkluderte studiene er intervensjonsstudier. Av de syv intervensjonsstudiene var fem RCT og to kvasi før-etter-studier, Lemmer et al., 2001(46) og Stavres et al., 2018(48). Disse skiller ved at før-etter-studier gjennomføres uten en kontrollgruppe og utvalget er ikke randomisert(50). Dette medfører at man ikke kan utelukke konfunderende faktorer bak resultatet. RCT regnes for å være gullstandarden for undersøkelse av en behandling(51). Dette er et design som innebærer at utvalget blir randomisert til enten en intervensjons- eller kontrollgruppe og bidrar dermed til å unngå seleksjonsbias(9). Gjennom å ha en kontrollgruppe motvirkes også bias relatert til konfunderende faktorer. I tillegg kan blinding motvirke bias ved å ekskludere utvalgets kjennskap til sin egen

gruppetilhørighet. En RCT kan også dobbelblindes, hvor verken utvalg eller forskere kjenner til gruppeinndelingen. I intervensjonsstudiene inkludert i denne litteraturstudien er blinding en gjennomgående mangel ettersom intervensjonene innebærer en treningsprotokoll hvor egen deltakelse er umulig å ignorere. Den siste inkluderte studien er en systematisk oversiktsartikkel som inneholder to av de syv inkluderte intervensjonsstudiene, *Byrne og Wilmore, 2001(45)* og *Lemmer et al., 2001(46)*. I den aktuelle oversiktsartikkelen er det i tillegg gjennomført en meta-analyse. Dette innebærer at data syntetiseres ved å slå sammen resultatene fra flere separate studier og dermed danne data fra et større utvalg(52). Dette er spesielt nyttig når utvalgsstørrelsen i de individuelle studiene er liten.

#### **4.1.2 Utvalg**

Oversiktsartikkelen, *Mackenzie-Shalders et al., 2020(47)*, ekskludert, har inkluderte studier med et relativt begrenset deltakerantall, fra 18 i den minste til 48 i største, som gir et gjennomsnitt på 33 deltakere. Dette kan påvirke signifikansnivået av resultatene, men de fleste studiene inkludert har til tross for dette funnet signifikante økninger i RMR(53). Oversiktsartikkelen *Mackenzie-Shalders et al., 2020(47)* fremstår som sterk her, med totalt 822 deltakere samlet i den kvalitative analysen og 662 i metaanalysen.

Videre bærer denne litteraturstudien totale utvalg preg av kjønnsmessig heterogenitet. Dette kommer bl.a. frem gjennom at fire av studiene utforsker eksklusivt kvinner, en utforsker menn eksklusivt og tre utforsker begge kjønn. Dette er av betydning da kvinner ikke bare er observert å ha en lavere RMR enn menn i utgangpunktet, men også at en styrketreningsintervensjon ikke gir en tilsvarende økning i RMR som hos menn(32,46). Denne heterogeniteten gjør også at denne litteraturstudien resultater er mer representative for befolkningen som helhet, da den ikke utforsker en eksklusiv kjønnskategori. Graden av nøyaktighet hva angår utvalgets oppgitte alder varierer også i hver enkelt studie og gjør dermed ytterpunktene vanskelige å identifisere, men laveste og høyeste gjennomsnittsalder er henholdsvis 21 og 48 år. Dette er av relevans da både MM og RMR er vist å kunne synke med økende alder(2,46). I tillegg vil menopausen kunne redusere RMR(54). Til tross for at *Stavres et al., 2018(48)* observerte en signifikant økning i BMR kan disse aldersrelaterte faktorene dermed ha vært konfunderende. Videre er det observert forskjeller i BMI på tvers av inkluderte studier. *Kirk et al., 2009(11)*, *Rustaden et al., 2018(4)* og *Byrne og Wilmore,*

2001(45), presiser at de utelukkende utforsket personer med overvekt eller fedme. De resterende fem studiene består av utvalg som strekker seg over et flertall BMI-kategorier, men flere av dem har en gjennomsnittlig BMI i kategorien overvekt. Videre observeres det heterogenitet i treningstilstand. Seks av de inkluderte studiene, *Poehlman et al., 2002(43)*, *Kirk et al., 2009(11)*, *Rustaden et al., 2018(4)*, *Byrne og Wilmore, 2001(45)*, *Lemmer et al., 2001(46)* og *Stavres et al., 2018(48)*, oppgir at utvalget er inaktive, hvorav *Poehlman et al., 2002(43)*, *Rustaden et al., 2018(4)* og *Lemmer et al., 2001(46)*, spesifiserer at deltakerne har vært inaktive i minst seks måneder. *Broeder et al., 1992(44)* og *Mackenzie-Shalders et al., 2020(47)*, oppgir ingen informasjon om utvalgets treningstilstand. Dette er av relevans da treningstilstand kan være av stor betydning for adaptasjon til trening, spesielt økning i FFM, som videre er vist å være en avgjørende faktor for RMR(32,40).

#### 4.1.3 Intervensjonsprotokoll

Hvordan et styrketreningsprogram er sammensatt er avgjørende for kroppens adaptasjoner til treningen(8). Da 50-70% av individuell variasjon i RMR er observert å korrelere med MM, bør styrketreningsprotokoller som tar sikte på å øke RMR, være i tråd med anbefalinger for hypertrofi, se tabell 2(8). Videre fant en metaanalyse av *Benito et al., 2020(40)* at styrketrening gjennomført i 4-24 uker kan gi hypertrofi på 1,5 kg. Dette danner et forventningsgrunnlag for de inkluderte studiene da varigheten strekker seg fra 6 til 24 uker.

Intervensjonsstudiene inkludert i denne litteraturstudien har generelt fulgt retningslinjene i nevnte tabell godt og de fleste er innenfor anbefalt spekter for utrente i samtlige variabler. Det bør dog nevnes at fem av de inkluderte studiene, *Kirk et al., 2009(11)*, *Broeder et al., 1992(44)*, *Byrne og Wilmore, 2001(45)*, *Lemmer et al., 2001(46)* og *Stavres et al., 2018(48)*, ikke nevner pausetid mellom settene. *Byrne og Wilmore, 2001(45)* og *Lemmer et al., 2001(46)* oppgir heller ikke en konkret motstand. *Stavres et al., 2018(48)* skiller seg også noe ved at de ikke benytter prosent av 1RM som mål for motstand, men RPE. Dette gjør studien vanskelig å sammenligne med resten av litteraturen, ikke bare i denne litteraturstudien, men generelt. Dette er også en subjektiv målemetode, som kan føre til at deltakernes oppfattelse av motstanden avviker fra den objektive motstanden og dermed påvirker treningsresponsen. Videre benytter *Stavres et al., 2018(48)* også et repetisjons-range i innledningsfasen av protokollen som strekker seg nedenfor anbefalingene og dette kan spekuleres i om dette fører

til at treningen rettes mer mot styrke- enn hypertrofiadaptasjoner. Dette gjelder også *Kirk et al., 2009(11)* som benyttet en motstand og repetisjons-range mer i retning anbefalingene for maksimal styrke.

I tillegg til variablene oppgitt i tabell 2, er totalt ukentlig volum per muskelgruppe vist å være av viktighet for hypertrofirespons(55). Av inkluderte studier har spesielt *Kirk et al., 2009(11)* og *Stavres et al., 2018(48)* et lavt antall sett per uke med henholdsvis 27 og 10-36, og dette kan dermed ha medført en lavere hypertrofirespons enn hva som kunne vært mulig. *Poehlman et al., 2002(43)* oppgir ikke antall sett som gjennomføres per øvelse og det er dermed ikke mulig å evaluere deres totale treningsvolum. Videre er kosthold en avgjørende faktor for hypertrofi og adaptasjon til trening generelt(8). Ingen av de inkluderte studiene har gjennomført noen kostholdsintervensjon, men *Kirk et al., 2009(11)*, *Broeder et al., 1992(44)* og *Byrne og Wilmore, 2001(45)* samlet inn informasjon om kostholdet i løpet av intervensjonen. I tillegg blir det presisert i de fleste studiene at deltakerne blir instruert om å ikke endre kostholdsvanene sine. Noe som kan ha vært en viktig faktor for kvaliteten på treningsøktene gjennomført i de forskjellige protokollene, er tilsyn av trenere eller laboratorieansatte. Eksempelvis observerte *Rustaden et al. 2017(49)* at tilsyn av personlig trener under trening ga en større styrkeøkning i knebøy enn trening på egenhånd. Med unntak av *Byrne og Wilmore, 2001(45)*, har samtlige av de inkluderte intervensjonsstudiene blitt gjennomført under tilsyn.

Til tross for MM sin innvirkning på RMR bør det avslutningsvis påpekes at maksimal hypertrofirespons ikke var hovedintensjon i noen av de inkluderte studiene.

#### **4.1.4 Målemetoder og testing**

Valget av målemetode er sentralt for å gjøre resultater reproducerbare og valide(6). Dette forutsetter bl.a. å identifisere eventuelle begrensninger. Indirekte kalorimetri er regnet for å være gullstandarden innen måling av energiforbruk(56). En rekke konfunderende faktorer kan påvirke resultatet når BMR/RMR måles ved bruk av indirekte kalorimetri og mange ulike prosedyrer er etablert(34). Indirekte kalorimetri er eneste målemetode benyttet for måling av BMR/RMR i de inkluderte studiene, oversiktsartikkelen av *Mackenzie-Shalders et al., 2020(47)* inkludert. Dette bidrar til et godt grunnlag for sammenligning på tvers av studier, i

tillegg til at fraværet av mindre gode målemetoder fremstår som en styrke. Til tross for at *Kirk et al., 2009(11)* også benyttet indirekte kalorimetri skiller de seg fra de resterende inkluderte studiene ved at de benyttet helkropps kalorimetri.

Samtlige av de inkluderte studiene har gitt deltakerne instruksjoner om å unngå trening i et varierende antall timer (24-72t) i forkant av RMR-målingen. Dette er spesielt viktig for å oppnå valide resultater da trening er vist å kunne øke RMR gjennom EPOC i opptil 72 timer(21,28,29). Fire av de inkluderte studiene, *Kirk et al., 2009(11)*, *Rustaden et al., 2018(4)*, *Lemmer et al., 2001(46)* og *Stavres et al., 2018(48)*, instruerte kun om 24 timer fravær av trening og det kan derfor spekuleres i om deres målte RMR-verdier er påvirket av dette. Studien av *Poehlman et al., 2002(43)* var eneste studie som instruerte om  $\geq 72$  timers opphold fra trening i forkant av måling. Dette kan også ha vært en konfunderende faktor i den systematiske oversiktsartikkelen av *Mackenzie-Shalders et al., 2020(47)*, da det oppgis at flere av metaanalysens inkluderte studier ikke oppgir en prosedyre for å unngå påvirkning av EPOC. Annen fysisk aktivitet kan også påvirke resultatene og tiden rett i forkant av målingen bør derfor også kontrolleres. Blant de inkluderte intervensjonsstudiene er det oppgitt tre ulike metodikker for å unngå dette. *Poehlman et al., 2002(43)* og *Kirk et al., 2009(11)* hadde hatt deltakerne overnattende i testlokalene, *Broeder et al., 1992(44)* og *Byrne og Wilmore, 2001(45)* fikk deltakerne fraktet i bil til testlokalene og *Rustaden et al., 2018(4)* og *Lemmer et al., 2001(46)* hadde instruert deltakerne om å minimere fysisk aktivitet fra de sto opp til testen ble gjennomført. *Stavres et al., 2018(48)* informerer ikke om noen prosedyre for å unngå fysisk aktivitet i forkant av målingen og man kan derfor ikke utelukke at dette har hatt en innvirkning. Videre var deres intensjon bl.a. å undersøke effekten av en seks ukers periode med funksjonell styrketrening på BMR. Til tross for denne intensjonen har de sannsynligvis ikke målt BMR. Dette er fordi testprosedyren som ble benyttet ikke tilfredsstillende flere av anbefalingene for testing av BMR(6,32). Deltakerne hadde ikke overnattet i testlokalene og måtte dermed komme seg til testlokalene før målingen ble gjort og denne fysiske aktiviteten kan føre til en økt metabolisme. Videre ble det gjennomført andre tester i forkant av forsøket på måling av BMR og dette kan også ha bidratt til en økt metabolisme. Det kan dermed antas at det studien har målt er RMR. I tillegg til disse faktorene oppgis det heller ikke informasjon om noen hvileprotokoll direkte i forkant av målingen.



En annen potensielt konfunderende faktor er næringsinntak. *Byrne og Wilmore, 2001(45)* informerer ikke om noen næringsinntakrestriksjoner i forkant av målingen og det er dermed ikke mulig å utelukke at TEF har påvirket resultatene. De resterende inkluderte intervensjonsstudiene informerer om at deltakerne har fastet i 8-12 timer i forkant av målingen.

Blant de inkluderte intervensjonsstudiene i denne litteraturstudien var det stor variasjon i metoden benyttet for måling av kroppssammensetning. *Poehlman et al., 2002(43)*, *Kirk et al., 2009(11)* og *Lemmer et al., 2001(46)* benyttet DEXA, *Broeder et al., 1992(44)* og *Byrne og Wilmore, 2001(45)* benyttet hydrodensimetri, *Stavres et al., 2018(48)* benyttet bod pod og *Rustaden et al., 2018(4)* benyttet bioimpedansmåling. Denne heterogeniteten gir en viss usikkerhet til sammenlignbarheten på tvers av studiene, til tross for at alle metodene er regnet som gode(6).

Utenfor en laboratorium-setting er 1RM-test er regnet for å være gullstandarden innen styrkemåling(57). *Poehlman et al., 2002(43)*, *Kirk et al., 2009(11)*, *Rustaden et al., 2018(4)*, *Broeder et al., 1992(44)* og *Lemmer et al., 2001(46)* har benyttet en slik test for å måle utvalgets styrke, men protokollene benyttet er likevel ulike ved flere sentrale faktorer. Protokollene benyttet av *Kirk et al., 2009(11)* og *Lemmer et al., 2001(46)* hadde eksempelvis kun ~1 minutt pause mellom 1RM-forsøkene, *Rustaden et al., 2018(4)* og *Poehlman et al., 2002(43)* benytter 3-5 minutter og *Broeder et al., 1992(44)* oppgir ingen pausetid. Ut ifra dette kan man spekulere i hvorvidt utvalget i studiene med kun ~1 minutt pause faktisk fikk etablert sin reelle 1RM, da de muligens ikke fikk tilstrekkelig hvile mellom forsøkene. *Byrne og Wilmore, 2001(45)* og *Stavres et al., 2018(48)*, gjennomførte henholdsvis en 3RM-test og en uetablert RPE-test og ingen av dem informerer om pausene benyttet i protokollen. Videre er kjennskap til øvelsene viktig for valide resultater og en tilvenningsperiode er derfor gunstig(46). Dette ble benyttet av *Kirk et al., 2009(11)*, *Byrne og Wilmore, 2001(45)* og *Lemmer et al., 2001(46)*.

## 4.2 Sentrale funn

Resultatene fra inkluderte studier i denne litteraturstudien, har en tydelig trend mot at styrketrening øker RMR. Dette kommer frem ved at intervensjonsgruppen som gjennomførte styrketrening i seks av intervensjonsstudiene ble observert å ha en signifikant økning i RMR sammenlignet med målingen gjort i forkant av intervensjonen. I tillegg fant den systematiske oversiktsartikkel av *Mackenzie-Shalders et al., 2020(47)*, at styrketreningsintervensjoner gir en signifikant økning i RMR.

*Rustaden et al., 2018(4)* observerte en korrelasjon mellom MM og RMR ved målingene gjort både i forkant og etterkant av intervensjonen, for begge intervensjonsgrupper. Dette tyder på at MM er en sentral faktor bak endringer i RMR. Samme studie observerte dog en signifikant endring i RMR på gruppenivå, uten noen signifikant endring i MM. Lignende observasjoner ble gjort av *Stavres et al., 2018(48)*, hvor RMR ble observert å ha svært stor økning, til tross for uendret FFM. Felles for disse studiene er et fravær av kostholdskontroll. *Rustaden et al., 2018(4)* har kun instruert deltakerne sine om å ikke gjøre endringer i kostholdet, *Stavres et al., 2018(48)* informerer ikke om å ha gjennomført tiltak for å kontrollere kosthold. Et ytterligere fellestrekk mellom disse studiene er at utvalgene inneholder kvinner som potensielt er på separate sider av menopausen. De hormonelle endringene dette potensielt medfører kan påvirke RMR(4). *Byrne og Wilmore, 2001(45)* tok hensyn til dette og måtte i løpet av sin intervensjon ekskludere en deltaker. Til tross for at etnisitet er observert å være en påvirkende faktor for RMR, har flertallet av studiene ikke oppgitt utvalgets etnisitet og det kan dermed ikke vurderes om det har påvirket resultatene(32).

Et annet resultat som skiller seg ut blant inkluderte studier er *Broeder et al., 1992(44)*. Her ble det hos styrketreningsgruppen observert en signifikant økning i FFM, men ikke i RMR. Dette fraværet av økning i RMR som resultat av styrketrening motstrider alle de inkluderte studiene, samt litteraturen som helhet(4,11,43,45–48). Man kan spekulere i om dette kommer som følge av et observert kaloriunderskudd hos deltakerne. Dette kaloriunderskuddet kommer dog ikke til uttrykk som en signifikant vektnedgang. Til tross for at RMR ikke økte signifikant ble det observert en økning på 56,7 kcal/d og det ble funnet en korrelasjon mellom FFM og RMR.

Dersom man slår sammen samtlige av intervensjonsstudienes styrketreningsgrupper til en

samlet gruppe og videre deler dette på totalt deltakerantall, får de en samlet gjennomsnittlig økning i RMR på 123,46 kcal/d, se tabell 14. Resultater oppgitt i kJ/d og kJ/min er da konvertert til kcal/d. Intervensjonlengden varierte fra seks uker til seks måneder. Det ser dermed ut til at styrketrening kan øke RMR selv ved relativt korte intervensjoner. Det bør dog påpekes at studien som observerte størst økning, *Stavres et al., 2018(48)*, kan vurderes som relativt svak. Dette begrunnes med mangelen på kontrollgruppe, kostkontroll og bruk av ikke-standardiserte intervensjonsprosedyrer. Det er i tillegg åpenbare svakheter i målemetoden benyttet for BMR. Videre er det også rom for å kritisere formuleringen av deres hypotese. Dette begrunnes med at en økning i FFM, kombinert med uendret FM, ikke tilsier at en uendret TM skal være mulig. Videre er studien publisert i *International Journal of Exercise Science*, et tidsskrift hvor det kreves at minst en student er aktivt deltakende i forskningen som publiseres. Ekskluderes denne studien fra vår RMR-gjennomsnittutregning blir det nye gjennomsnittet 100,26 kcal/d. En eventuell ekskludering av *Stavres et al., 2018(48)* påvirker også gjennomsnittlig økning i FFM/MM. Benyttes samme utregning som er nevnt angående RMR-gjennomsnitt i tidligere avsnitt, blir gjennomsnittlig økning i FFM/MM for styrketreningssgruppene i de inkluderte intervensjonsstudiene 1,24 kg. Ekskluderes derimot *Stavres et al., 2018(48)* blir det 1,47 kg. Fem av disse, *Poehlman et al., 2002(43)*, *Kirk et al., 2009(11)*, *Broeder et al., 1992(44)*, *Byrne og Wilmore, 2001(45)* og *Lemmer et al., 2001(46)*, observerte en signifikant økning i FFM. *Rustaden et al., 2018(4)* fant ingen signifikant økning i MM, men det ble målt en økning på 0,4 kg. *Stavres et al., 2018(48)* fant ingen økning i FFM, dette til tross for den store økningen observert i BMR/RMR. Da denne studien ikke har informert om noen prosedyre for å unngå at deltakerne var fysisk aktive direkte i forkant av målingen, i tillegg til at fraværet av trening kun var 24 timer, kan man spekulere i om den observerte økningen i BMR/RMR utelukkende var et resultat av konfunderende faktorer.

**Tabell 14.** Grunnlag for gjennomsnittsutregning av RMR og FFM/MM i intervensjonsstudiene.

Studie	Antall (Deltakere ST-gruppe)	BMR/RMR (kcal/d)	BMR/RMR (kcal/d · n)	FFM (kg)	FFM (kg · n)
Poehlman et al., 2002	n=13	60,0	780,0	1,3	16,9
Kirk et al., 2009	n=22	162,3	3570,6	1,5	33,0
Rustaden et al., 2018	n=8	154,7	1237,6	0,4*	3,2*
Broeder et al., 1992	n=13	57,6	748,8	2,1	27,3
Byrne og Wilmore, 2001	n=10	44,0	440,0	1,9	19,0
Lemmer et al., 2001	n=9	151,8	1366,2	2,0	18,0
	n=7	32,5	227,50	1,90	13,30
	n=9	132,2	1189,80	1,00	9,00
Stavres et al., 2018	n=10	56,6	566,00	0,90	9,00
	n=19	246,8	4689,2	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>n=120</b>	-	<b>14 815,70</b>	-	<b>148,70</b>
<b>Gjennomsnitt</b>	-	-	<b>123,46</b>	-	<b>1,24</b>

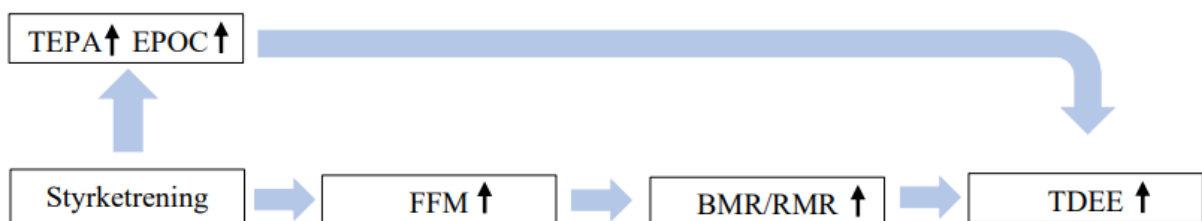
\*MM  
ST; Styrketrening, BMR; Basalmetabolism, RMR; Hvilemetabolism, FFM; Fettfri masse, MM; Muskelmasse

### 4.3 Betydning av funn

Denne litteraturstudien har observert en signifikant økning i RMR som et resultat av en styrketreningsintervensjon. Betydningen av denne økningen kan dog diskuteres. Uavhengig om man ekskluderer den antatt svakeste studien inkludert, *Stavres et al., 2018*(48), blir gjennomsnittlig endring i RMR på tvers av studiene relativt moderat. Til tross for dette kan det argumenteres for at en moderat endring er tilstrekkelig for en betydningsfull effekt på sikt(2). Dette kan begrunnes med at den langsiktige energibalansen er avgjørende og en økning i BMR/RMR på i overkant av 100 kcal/d kan være vesentlig dersom den vedvarer(2,8). Dette understrekes av at et kalorioverskudd på 100 kcal/d er en sentral årsak bak vektøkningen hos 90% av befolkningen(8). Likevel vil 100 kcal, for de aller fleste kun utgjøre en liten del av TDEE og vil som mat kun tilsvare omtrent en neve mandler, en banan eller to ruter av en 200g melkesjokolade(26,58). Styrketrening påvirker dog også TDEE via TEPA og EPOC og disse faktorene kan være av større betydning for TDEE, se figur 3(8). Dette støttes eksempelvis av *Poehlman et al., 2002*(43) sine observasjoner og konklusjon. Dette kan påpekes ytterligere ved at løping på flatt underlag forbrenner omtrent 1 kcal/kg/km, som betyr at en person på 70 kg kun må løpe omtrent 1,5 km, eller spasere i omtrent 20 minutter for å forbruke 100 kcal(2).

Ingen av studiene inkludert hadde en varighet på mer enn seks måneder og for videre forskning kan en lengre intervensjonsperiode være nyttig for å kartlegge langtidseffekten av styrketrening på både BMR, kroppssammensetning og kroppsvekt. En interessant observasjon

i denne studien er forholdet mellom gjennomsnittlig økning i RMR og gjennomsnittlig økning i FFM. Basert på at 1 kg MM forbruker 13-20 kcal i hvile, er det derfor rom for spekulasjon rundt hvilke faktorer som utgjør den resterende økningen i RMR i de inkluderte studiene(8,21,25). Dette kan være av interesse for videre forskning. Videre bør standardiserte metoder for testing alltid benyttes for å unngå konfunderende faktorer, samt gjøre resultater sammenlignbare. I tillegg bør det alltid strebes etter flere deltakere for å kunne gi et mer representativt utvalg.



**Figur 3.** Hvordan styrketrening påvirker TDEE.

*TEPA, termisk effekt av fysisk aktivitet; EPOC, etterforbrenning; FFM, fettfri masse; BMR, basalmetabolisme; RMR, hvilemetabolisme; TDEE, totalt daglig energiforbruk.*

#### 4.4 Metodiske svakheter ved studien

Enhver litteraturstudie vil ha en potensiell svakhet i at dataen som benyttes er fra tidligere utført forskning og rapporter. Dette medfører at metodiske svakheter kan overføres. Dette kan ikke utelukkes å ha vært tilfellet i denne litteraturstudien, da det gjennom arbeidet er blitt identifisert en rekke svakheter ved en konkret studie, *Stavres et al., 20(48)*.

## 5 Konklusjon

Det konkluderes med at styrketrening vil kunne gi en moderat økning av BMR/RMR. Denne økningen kan over tid være av betydning for vektregulering eller endring av kroppssammensetning.

## Referanseliste

1. Ing-Mari Dohrn, Mats Börjesson, Margareta Emtner, redaktører. Fysisk aktivitet som medicin -En praktisk handbok från FYSS. SISU Idrottsböcker; 2018. 317 s.
2. Bahr R. Aktivitetshåndboken, Fysisk aktivitet i forebygging og behandling. 3. utg. 2019.
3. D. McArdle W, I. Katch F, L. Katch V. Exercise physiology : nutrition, energy, and human performance. 8. utg. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins Wolters Kluwer Health; 2015. 1028 s.
4. Rustaden AM, Gjestvang C, Bø K, Hagen Haakstad LA, Paulsen G. BodyPump versus traditional heavy load resistance training on changes in resting metabolic rate in overweight untrained women. J Sports Med Phys Fitness. september 2018;58(9):1304–1301.
5. Kierulf P. karbondioksid – fysiologi. I: Store medisinske leksikon [Internett]. 2019 [sitert 26. april 2021]. Tilgjengelig på: [http://sml.snl.no/karbondioksid\\_-\\_fysiologi](http://sml.snl.no/karbondioksid_-_fysiologi)
6. Truls Raastad. Idrettsernæring. 1. utgave, 2.opplag. Christine Helle, Ina Garthe, redaktører. Oslo: Gyldendal; 2016. 247 s.
7. Chung N, Park M-Y, Kim J, Park H-Y, Hwang H, Lee C-H, mfl. Non-exercise activity thermogenesis (NEAT): a component of total daily energy expenditure. J Exerc Nutrition Biochem. 30. juni 2018;22(2):23–30.
8. Truls Raastad, Gøran Paulsen, Bent R. Rønnestad, Aleksander R. Wisnes. Styrketrening -i teori og praksis. 1. utgave, 5.opplag. Oslo: Gyldendal undervisning; 2010.
9. Ernest P, Jandrain B, Scheen AJ. [STRENGTHS AND WEAKNESSES OF RANDOMISED CLINICAL TRIALS: EVOLVING CHANGES ACCORDING TO PERSONALIZED MEDICINE]. Rev Med Liege. juni 2015;70(5–6):232–6.
10. repetition maximum [Internett]. Oxford Reference. [sitert 26. april 2021]. Tilgjengelig på: <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803100414678>
11. Kirk EP, Donnelly JE, Smith BK, Honas J, LeCheminant JD, Bailey BW, mfl. Minimal resistance training improves daily energy expenditure and fat oxidation. Med Sci Sports Exerc. mai 2009;41(5):1122–9.
12. Smirmaul BPC, Bertucci DR, Teixeira IP. Is the VO<sub>2</sub>max that we measure really maximal? Front Physiol [Internett]. 5. august 2013 [sitert 26. april 2021];4. Tilgjengelig på: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3733001/>
13. Obesity and overweight [Internett]. [sitert 9. mars 2021]. Tilgjengelig på: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

14. Overvekt og fedme - FHI [Internett]. [sitert 26. april 2021]. Tilgjengelig på: [https://www.fhi.no/nettpub/hin/ikke-smittsomme/overvekt-og-fedme/?fbclid=IwAR1OqnQYtmb09yIPbnbap6\\_IUOgt2QDsvMY-BsomLaIqHYuNnGucMAfFkC0](https://www.fhi.no/nettpub/hin/ikke-smittsomme/overvekt-og-fedme/?fbclid=IwAR1OqnQYtmb09yIPbnbap6_IUOgt2QDsvMY-BsomLaIqHYuNnGucMAfFkC0)
15. Donnelly JE, Jakicic J, Pronk N. Is resistance exercise effective for weight management? *Evid Based Prev Med*. 1. januar 2004;1:21–9.
16. idrettshøgskole N, Christensen K. Nye WHO-anbefalinger om fysisk aktivitet [Internett]. 2020 [sitert 26. april 2021]. Tilgjengelig på: <https://forskning.no/a/1776733>
17. Physical activity [Internett]. [sitert 26. april 2021]. Tilgjengelig på: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
18. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, mfl. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 1. desember 2020;54(24):1451–62.
19. Fysisk inaktivitet hos voksne (indikator 7) [Internett]. Folkehelseinstituttet. [sitert 26. april 2021]. Tilgjengelig på: <https://www.fhi.no/nettpub/ncd/fysisk-aktivitet/voksne/>
20. Pandemien har hatt størst utslag på fysisk aktivitet og kosthold hos yngre voksne [Internett]. Folkehelseinstituttet. [sitert 26. april 2021]. Tilgjengelig på: <https://www.fhi.no/nyheter/2021/pandemien-har-hatt-storst-utslag-pa-fysisk-aktivitet-og-kosthold-hos-yngre-/>
21. Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Curr Sports Med Rep*. august 2012;11(4):209–16.
22. Lee DH, Giovannucci EL. Body composition and mortality in the general population: A review of epidemiologic studies. *Exp Biol Med (Maywood)*. desember 2018;243(17–18):1275–85.
23. Gutin I. In BMI We Trust: Reframing the Body Mass Index as a Measure of Health. *Soc Theory Health*. august 2018;16(3):256–71.
24. Duren DL, Sherwood RJ, Czerwinski SA, Lee M, Choh AC, Siervogel RM, mfl. Body Composition Methods: Comparisons and Interpretation. *J Diabetes Sci Technol*. november 2008;2(6):1139–46.
25. Wang Z, Ying Z, Bosity-Westphal A, Zhang J, Heller M, Later W, mfl. Evaluation of Specific Metabolic Rates of Major Organs and Tissues: Comparison Between Men and Women. *Am J Hum Biol*. mai 2011;23(3):333–8.
26. Hjartåker A, I. Pedersen J, Müller H, A. Anderssen S. *Grunnleggende ernæringslære*. 3. utg. oslo: Gyldendal akademisk; 2017. 475 s.
27. Børsheim E, Bahr R. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise consumption. *Sports Med*. 2003;33(14):1037–60.

28. Heden T, Lox C, Rose P, Reid S, Kirk EP. One-set resistance training elevates energy expenditure for 72 h similar to three sets. *Eur J Appl Physiol.* mars 2011;111(3):477–84.
29. Ahtiainen JP, Lehti M, Hulmi JJ, Kraemer WJ, Alen M, Nyman K, mfl. Recovery after heavy resistance exercise and skeletal muscle androgen receptor and insulin-like growth factor-I isoform expression in strength trained men. *J Strength Cond Res.* mars 2011;25(3):767–77.
30. Klausen B, Toubro S, Astrup A. Age and sex effects on energy expenditure. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 1. april 1997;65(4):895–907.
31. Kenney WL, H. Wilmore J, L. Costill D. *Physiology of sport and exercise.* Bd. 6. Champaign, Ill: Human Kinetics; 2015. 628 s.
32. McMurray RG, Soares J, Caspersen CJ, McCurdy T. Examining Variations of Resting Metabolic Rate of Adults: A Public Health Perspective. *Med Sci Sports Exerc.* juli 2014;46(7):1352–8.
33. Henry CJK. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition.* oktober 2005;8(7a):1133–52.
34. Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L. Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolic Rate in Adults: A Systematic Review. *Journal of the American Dietetic Association.* 1. juni 2006;106(6):881–903.
35. Silva AM, Santos DA, Matias CN, Rocha PM, Petroski EL, Minderico CS, mfl. Changes in regional body composition explain increases in energy expenditure in elite junior basketball players over the season. *Eur J Appl Physiol.* 1. juli 2012;112(7):2727–37.
36. Westerterp KR, Meijer GAL, Janssen EME, Saris WHM, Hoor FT. Long-term effect of physical activity on energy balance and body composition. *British Journal of Nutrition.* juli 1992;68(1):21–30.
37. Poehlman ET, Tremblay A, Nadeau A, Dussault J, Theriault G, Bouchard C. Heredity and changes in hormones and metabolic rates with short-term training. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism.* 1. juni 1986;250(6):E711–7.
38. Hopkins M, Gibbons C, Caudwell P, Hellström PM, Näslund E, King NA, mfl. The adaptive metabolic response to exercise-induced weight loss influences both energy expenditure and energy intake. *European Journal of Clinical Nutrition.* mai 2014;68(5):581–6.
39. Joannis S, Lim C, McKendry J, Mcleod JC, Stokes T, Phillips SM. Recent advances in understanding resistance exercise training-induced skeletal muscle hypertrophy in humans. *F1000Res [Internett].* 24. februar 2020 [sitert 10. mars 2021];9. Tilgjengelig på: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7043134/>
40. Benito PJ, Cupeiro R, Ramos-Campo DJ, Alcaraz PE, Rubio-Arias JÁ. A Systematic Review with Meta-Analysis of the Effect of Resistance Training on Whole-Body



- Muscle Growth in Healthy Adult Males. *Int J Environ Res Public Health*. 17. februar 2020;17(4).
41. Gjerset A, Nilsson J, Wullff Helge J, Enoksen E. *Idrettens treningslære*. 2. utg. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS; 2015. 638 s.
  42. Befring E. *Forskningsmetode med etikk og statistikk*. 2. utg. Oslo: Samlaget; 2007. 240 s.
  43. Poehlman ET, Denino WF, Beckett T, Kinaman KA, Dionne IJ, Dvorak R, mfl. Effects of endurance and resistance training on total daily energy expenditure in young women: a controlled randomized trial. *J Clin Endocrinol Metab*. mars 2002;87(3):1004–9.
  44. Broeder CE, Burrhus KA, Svanevik LS, Wilmore JH. The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *Am J Clin Nutr*. april 1992;55(4):802–10.
  45. Byrne HK, Wilmore JH. The effects of a 20-week exercise training program on resting metabolic rate in previously sedentary, moderately obese women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. mars 2001;11(1):15–31.
  46. Lemmer JT, Ivey FM, Ryan AS, Martel GF, Hurlbut DE, Metter JE, mfl. Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. april 2001;33(4):532–41.
  47. MacKenzie-Shalders K, Kelly JT, So D, Coffey VG, Byrne NM. The effect of exercise interventions on resting metabolic rate: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci*. juli 2020;38(14):1635–49.
  48. Stavres J, Zeigler M, Bayles M. Six weeks of moderate functional resistance training increases basal metabolic rate in apparently healthy adult women. *International Journal of Exercise Science*. 1. januar 2018;11:32–41.
  49. Rustaden AM, Haakstad LAH, Paulsen G, Bø K. Effects of BodyPump and resistance training with and without a personal trainer on muscle strength and body composition in overweight and obese women-A randomised controlled trial. *Obes Res Clin Pract*. desember 2017;11(6):728–39.
  50. Aggarwal R, Ranganathan P. Study designs: Part 4 – Interventional studies. *Perspect Clin Res*. 2019;10(3):137–9.
  51. Svartdal F. randomisert kontrollstudie. I: *Store norske leksikon* [Internett]. 2018 [sitert 12. april 2021]. Tilgjengelig på: [http://snl.no/randomisert\\_kontrollstudie](http://snl.no/randomisert_kontrollstudie)
  52. Gurevitch J, Koricheva J, Nakagawa S, Stewart G. Meta-analysis and the science of research synthesis. *Nature*. 7. mars 2018;555(7695):175–82.
  53. Røislien J, Frey Frøslie K. *Tall forteller : hvordan bruke tall til å finne ut om verden er slik du tror den er*. 1. utg. Oslo: Gyldendal akademisk; 2013. 113 s.

54. Hodson L, Harnden K, Banerjee R, Real B, Marinou K, Karpe F, mfl. Lower resting and total energy expenditure in postmenopausal compared with premenopausal women matched for abdominal obesity. *J Nutr Sci* [Internett]. 13. februar 2014 [sitert 13. april 2021];3. Tilgjengelig på:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4153012/>
55. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. 3. juni 2017;35(11):1073–82.
56. Rattanachaiwong S, Singer P. Indirect calorimetry as point of care testing. *Clin Nutr*. desember 2019;38(6):2531–44.
57. Seo D, Kim E, Fahs CA, Rossow L, Young K, Ferguson SL, mfl. Reliability of the One-Repetition Maximum Test Based on Muscle Group and Gender. *J Sports Sci Med*. 1. juni 2012;11(2):221–5.
58. Mattilsynet. Matvaretabellen - kostholdsplanleggeren.no [Internett]. [sitert 26. april 2021]. Tilgjengelig på:  
<https://www.kostholdsplanleggeren.no/displayfoods/?menuId=Tx77AAnc&mealId=cg nqk6Li>