

BACHELOROPPGAVE

Effekten av aktiv og passiv hvile på laktateliminasjon og prestasjon ved styrketreningsøvelsen knebøy

Utarbeidet av:

Ole R. Nordtug

Studium:

Idrett bachelor (IDR240)

Innlevert:

Vår 2015



Innholdsfortegnelse

Abstract:	4
Begrepsavklaring:	5
Innledning.....	6
Fysiologiske aspekter i muskulatur:	8
Delayed Onset Muscle Soreness:	9
Restitusjonsformer og perioder ved styrketrening:	10
Treningsvarianter:	11
Treningsvolum:.....	12
Definisjon av knebøy:	12
Energiomsetning:	13
Nedbryting av Karbohydrater:.....	14
Adenosin Tri-fosfat (ATP):	15
Laktat:.....	17
Oksyngjeld i restitusjon. EPOC:.....	18
Problemstilling:	19
Hypotese:	20
Metode	20
Design:.....	20
Materiale og Måleutstyr:.....	21
Kalibrering:	21
Aktivitetsprosedyre:	21
Laktatmålinger:.....	22
Passiv Pause:.....	22
Aktiv Pause:	22
Databehandling:	23
Resultater	23
Diskusjon	29
Oppsummering av hovedfunn:.....	29
Hovedfunn i forhold til problemstilling og hypotese:	29
Tidligere forskning:.....	32
Øvrige svakheter:	34
Fremtidig forskning:	34
Konklusjon	36

Annerkjennelser:	37
Referanser	38
Vedlegg	41

Abstract:

Hensikt: Finne forskjell mellom aktiv og passiv hvile på laktateliminering og prestasjon i form av antall repetisjoner i øvelsen knebøy. **Metode:** 5 mannlige høgskolestudenter ($22,8 \pm 2,5$ år) deltok i studiet. Det ble gjennomført tester i styrkeøvelsen knebøy. En maksimal styrketest (1RM), en test med aktiv hvile, 4x arbeidssett, og en test med passiv hvile, 4x arbeidssett, ble gjennomført. Kandidatene fungerte som deres egen kontroll. Kandidatene ble bedt om å ha 48 timer hvile før hvert forsøk. Forsøkene med aktiv og passiv hvile hadde hovedfokus på laktatmålinger og antall repetisjoner gjennomført ved 75% av 1RM. **Resultat:** Kandidatene oppnådde 1RM på $125 \pm 14,1$ kg. Forsøkene med aktiv hvile viste en relativ laktat differanse (%) fra hvilenivå på $52 \pm 11\%$ før hvile og $2 \pm 22\%$ etter hvile. Ved siste arbeidssett en differanse på $28 \pm 27\%$ før hvile og $-12 \pm 21\%$ etter. Passiv hvile viste $31 \pm 35\%$ før hvile og $99 \pm 91\%$ etter ved første arbeidssett. Siste arbeidssett viste en differanse på $17 \pm 20\%$ før hvile og etter hvile en eliminering på $-7 \pm 20\%$. En prestasjonsøkning på 27,87% ble vist under siste arbeidssett ved aktiv hvile mot passiv hvile. **Konklusjon:** Flertallet av studier på aktiv hvile konkluderer med at det er fordelaktig å bruke aktiv hvile, eller kombinasjoner av hvileformer i forhold til passiv hvile. Funn gjort i dette studiet tyder på at aktiv hvile hjelper kroppen med å holde laktatelimineringen intensivt igjennom treningsøkningen i forhold til passiv hvile. En prosentmessig forbedring i prestasjon oppsto ved aktiv hvile på 27,87% i denne protokollen.

Begrepsavklaring:

ADP = Adenosin Di-fosfat

ATP = Adenosin Tri-fosfat

CrP = Kreatinfosfat

DOMS = Delayed Onset Muscle Soreness

EPOC = Excess Post-Exercise Oxygen Consumption

H⁺ = Hydrogen

Hla = Melkesyre

Homeostase = Likevekt av cellenes fysiologiske system

Hypertrofi = Muskelvekst (Volum)

O₂ = Oksygen

OBLA = Onset of Blood Lactate Accumulation

Okklusjon = Avstenging av blodstrøm

Innledning:

Trening og fysisk aktivitet har fått større fokus de siste tiår, og spesielt har folkehelse hatt en enorm vekst av interesse. Utbredelsen av overvekt og fedme har økt i mange land, spesielt de vestlige mer økonomisterke landene, dette inkludert Norge (Bakken Ulseth, 2003). Treningssentre de siste 20 årene har vokst i antall og dermed også antall medlemmer (Bakken Ulseth, 2003). Ungdom søker kanskje til treningssentre for å selvrealisere seg i forhold til verdensbildets standard fra kilder som internett, Instagram, Facebook og filmverdenen, kanskje til og med på grunn av gruppepress. Kanskje kan det være for å jobbe opp mot idealer innenfor forskjellige idretter, dette gjelder selvfølgelig ikke bare for ungdom og de yngre generasjoner men også de eldre generasjoner. Eldre søker kanskje treningssentre for å forebygge skade, selvrealisere seg selv opp mot sine drømmer, for å holde seg ved god helse eller i samarbeid med kiropraktor/fysioterapeut og for å holde seg mobil.

Styrketrening kan spores helt tilbake til rundt 3000 før Kristus (Raastad et. al. 2010) og har vært en viktig del av formregulering til for eksempel soldater i gamle Kina, Japan, India, Hellas og Roma. Da de olympiske leker begynte i 776 før Kristus trente atleter nesten året rundt og implementerte styrketrening i treningsregimet deres (Katch et. al, 2011). Styrketrening er derfor ingen ny form for trening, men moderne teknologi har hjulpet oss med å oppnå mer nøyaktig forskning og dermed forbedre resultater (Katch et. al, 2011). Styrketrening, slik vi kjenner det, startet som en tilskuersport i USA og Europa på tidlig 1840-tallet utøvet av "strong-men" som viste frem sin utrolige styrke i reisende karneval, eller sirkus (Katch et. al, 2011). Tidligere har det vært mange tanker rundt det at styrketrening gir økt kroppsvolum, en større kropp, og derfor må redusere mobilitet i ledd og generell hastighet. Men sent på 1950-tallet og tidlig 1960-tallet brakte forskning fram resultater som avviste myten, tvert imot viste forsøkene at resultatet som oftest var det motsatte, altså bedre mobilitet i ledd og hastighet (Katch et. al, 2011).

Effekten av styrketrening har de siste 50 årene vært nøye undersøkt og er i dag en viktig komponent for et allsidig treningsprogram (Salles et. al, 2009). Styrketrening har blitt en av de mest populære aktivitetene for å forbedre fysikken med hensyn til utholdenhet og muskulær styrke (Salles et. al, 2009), og har vist seg å være en hjelpende faktor når det kommer til idrettsprestasjoner, behandling av skader, forebyggende mot sykdom og skade (Salles et. al, 2009). Det kan også oppstå psykologiske endringer hos personer som utfører trening som følge av økt velvære og bedre selvtillit (Katch et. al, 2011).

Det finnes mange forskjellige måter å gjennomføre styrketrening på. Noen velger å løfte maksimal vekt eller maksimal antall repetisjoner, mens andre bruker tid og erfaringer for å finne ut hvordan de føler de vil få best utbytte av treningen, om det måtte være for estetikk eller for muskeltverrsnitt. Styrketrening er enkelt, samtidig som det er en komplisert prosess på grunn av flere faktorer, som for eksempel å kombinere styrketrening med utholdenhet. I tillegg har treningen ingen øvre aldersgrense. Styrke beskrives som kraftutviklingsevne og er avhengig av musklens forkortningshastighet og forlengningshastighet, muskulært tverrsnitt og utgangslengde, hvor mange motoriske enheter som har tilgang til energi og som er aktivert (Gjerset et. al, 1992). Styrketrening kan vi definere som: *"all trening som er ment til å utvikle eller vedlikeholde vår evne til å skape størst mulig kraft ved en spesifikk eller forutbestemt hastighet"* (Raastad et. al, 2010)

Når vi gjennomfører styrketrening skjer det fysiologiske endringer i kroppen, nevrale adaptasjoner og flertallige prosesser som gjør at vi i større grad kan utføre arbeid som er utmattende. I tillegg bygges kroppen over tid til å gjøre arbeid mer effektivt, og dermed lede til en økt kapasitet i form av større treningsvolum (Katch et. al, 2011). Helsegevinster man kan få igjennom styrketrening er flere, og man kan for eksempel få redusert blodtrykk, bedret glukosetoleranse, bedret insulinsensitivitet, muskelstyrke og økt benmineraltetthet (Ratamess et. al, 2008). Genetikk, generell trening, kosthold, nevrale og hormonelle faktorer har betydning for et individs muskelstyrke og muskelmasse (Katch et. al, 2011). Siden sammensetningen av forskjellige typer og mengder muskelfibre varierer fra person til person responderer vi forskjellig på trening og restitusjon slik at der kanskje ikke finnes noen konkret fasit på hva som er det optimale for alle. Vi kan kanskje bare nærme oss det som er tilnærmet optimalt for hvert individ ved hjelp av individuell testing og kunnskap.

Historisk sett har muskulær utmattelse blitt definert som punktet hvor man ikke lengre klarer å vedlikeholde kraftutvikling, som leder til dårligere prestasjon, mens i nyere tid har Edwards definert utmattelse som det å mislykkes i å vedlikeholde påkrevd eller forventet kraftutvikling (Ratamess et. al, 2008). Muskulær utmattelse er vanskelig å klargjøre hundre prosent fordi problemet er komplekst. Det er så mange faktorer som er involvert som for eksempel muskelfibertypesammensetningen av den kontraherende muskelen, intensiteten, type og tidsenhet for den kontraktile aktiviteten. Dette i tillegg til individets generelle form (Ratamess et. al, 2008). Siden noe forskning har vist at man ved styrketrening kan et større maksimalt antall repetisjoner ved hjelp av aktiv hvile kan det kanskje tenkes at dette kan hjelpe med å øke det totale treningsvolumet per økt for styrkeløftere (Lopes et. al, 2014), som vil gjenspeile

seg i totalt volum per måned, noe som kanskje er positivt i arbeid mot konkurranseform. Kanskje vil dette også kunne gi utøvere en form for progresjon enten i muskelmasse eller hjelpe kroppen å bryte igjennom platå ved stagnering av progresjon, samt at man ved noen former for styrketrening ønsker minst mulig laktat i muskulaturen, mens i noen former som for eksempel med okklusjon ønsker å stoppe så mye av blodtilførselen som overhodet mulig.

Fysiologiske aspekter i muskulatur:

Vi forenkler med å si at kroppen vår består av tre forskjellige typer muskelfibre. Disse kalles muskelfibertype I, IIa og type IIb (i noe litteratur kalles de for type II og IIx) (Katch et. al, 2011). Type I er mest utholdende, type IIa er dobbelt så hurtig som type I, mens type IIb i utgangspunktet er 3-4 ganger så rask som type I-fibrene, men deretter tilegner seg mer egenskapene vi finner i type IIa-fibrene (Katch et. al, 2011). Enkelte mener at vi kan dele opp muskelfibertypene i fire forskjellige typer, det vil da være 3 raske muskelfibertyper og 1 treg fibertype (Fitts, R. H, 1994). Det skjer en elektronisk stimulering i nervesystemet og ut til muskulatur når vi skal bruke muskulaturen, når vi skal løfte gjenstander eller når vi generelt beveger oss. Den nerven som sender beskjeden til muskelfibrene samt den gruppen muskelfibre som arbeider sammen i kontraksjonen kaller vi motorisk enhet.

Motoriske enheter er det som lar oss gjennomføre arbeid (Katch et. al, 2011). Muskelfibre trekker seg sammen når de får beskjed fra sentralnervesystemet om å kontrahere, det vil si fra hjernen og ryggmargen. Hjernen bestemmer at den skal sende beskjed til muskulatur, eller etter mottatt signal fra ett eller flere sanseorganer, for eksempel øyne eller huden (Gjerstet et. al, 1992). Antall sarkomer i serier i musklene våre kan både økes og reduseres i antall etter de belastninger musklene utsettes for. Det generelle prinsippet synes å være at antall sarkomer justeres slik at overlapp mellom myofilamentene blir optimal ved den lengden muskelen oftest jobber. Jobber man stort sett med korte muskellengder får man en relativt kort muskel og motsatt ved arbeid med lange muskellengder. Dette fører naturlig nok også til at styrkeøkningen man måler etter treningsperiode vil variere om man tester styrken ved ulike arbeidslengder. Det er derfor viktig at treningen er spesifikk til de idretter og øvelser man ønsker å prestere i (Enoksen et. al, 2007).

Raske muskler og raske enkle motoriske enheter blir utmattet raskere enn de trege musklene og trege motoriske enheter. Etter både dynamisk og statiske kontraksjoner til utmattelse, har

type II-fiber høyere innhold av laktat (25-27mmol/l) i forhold til treg type I-fiber (15,8mmol/l) og en sterk korrelasjon ($r = 0,86$) har blitt funnet mellom utmattelsesevne og prosent raske type II-fiber (Fitts, R. H, 1994). Årsakene til muskelutmattelse er avhengig av treningsintensiteten og forhold i miljø som hormonelle ubalanser og muskelskader. Faktorene som fremmer utmattelse i løpet av kort varighet med høy intensitet er klart forskjellig fra de som er involvert ved langvarig submaksimalt arbeid. Førstnevnte innebærer rekruttering av alle tre fibertyper, høy kontraksjonsfrekvens og en høy grad av en anaerob metabolisme (Fitts, R. H, 1994). Den høye anaerobe metabolismen vil lede til økning av H^+ , en faktor som er kjent for å hindre optimal prestasjon. De mekaniske egenskapene av en enkel muskelcelle er avhengig av hvilken type fiber den er, som igjen er avhengig av proteinkomposisjonen (Fitts, R. H, 1994). Selv om alle muskelfibre inneholder kontraktile og regulatoriske proteiner, slik som mitokondrier, og sarkoplasmatiske retikulum, har typene IIa, IIb og den tregere type I fiber spesifikke isozymer (enzymer som er like i katalytiske egenskaper, men skilles av variasjoner i de fysiske egenskapene) som antas å være ansvarlig for de fibertype-spesifikke forskjeller i kontraktile egenskaper (Fitts, R. H, 1994). For eksempel inneholder hver fibertype et bestemt isozym av kontraktile myosin-proteiner, det proteinet som inneholder ATPasen tenkt å kontrollere fiberkontraksjonen (Fitts, R. H, 1994). Dermed inneholder den raske type IIb og den mer langsomme type I fiberen den høyeste og laveste myofibrilliære ATPaseaktiviteten og fiberkontraksjonen. Den raske type IIb fiberen viser den høyeste utmattelsesevnen på grunn av sitt lave innhold av mitokondrier, lav effektivitet og avhengighet av anaerobisk metabolisme (Fitts, R. H, 1994).

Delayed Onset Muscle Soreness:

De fleste opplever det å bli sår eller stiv i muskler og ledd etter styrketrening, enten det er første treningsøkt, etter flere år med trening eller man har hatt ett lengre pauseopphold fra trening (Katch et. al, 2011). DOMS kommer en stund etter endt trening og kan vare fra 3 til 4 dager, dette kan oppstå på grunn av rivninger i muskelfibre som også fører til utslipp av kreatin kinase, myoglobin og troponin, den osmotiske trykkendringen i vev, muskelspasmer, strekkskader, akutt betennelse, endringer i cellenes mekanismer for kaliumregulering og i tillegg kombinasjoner av disse faktorene (Katch et. al, 2011).

Restitusjonsformer og perioder ved styrketrening:

Det har blitt gjort mange forsøk på å finne opp mot optimale hvileintervaller mellom antall sett og intensitet for styrketrening (Lopes et. al, 2014). I motsetning til utholdenhetstrening har det ikke blitt gjennomført så mange undersøkelser med fokus på hvilken hviletype som bør gjennomføres i perioden mellom settene med styrketrening (Lopes et. al, 2014). Med hensyn til variabler som intensitet og volum viser eksisterende forskning at forskjellige hvileperioder mellom treningssett kan produsere forskjellige reaksjoner og adaptasjoner i det nevro-muskulære og endokrine systemet (Salles et. al, 2009). Noen studier viser ved styrketrening og bruk av aktiv pause større antall maksimale repetisjoner i forhold til passiv hvile. Hvileformen ved aktiv pause var sykling, og ved sykling er det kjent at lavere venøs retur i forhold til stående posisjon kan oppstå, derav burde kanskje stående posisjon brukes ved aktiv hvile for å optimalisere sirkulasjonen ved aktiv pause (Lopes et. al, 2014).

Kraemer viste i en undersøkelse (Kraemer, W. J, 1997) forskjellen mellom 1 minutt og 3 minutters hvile mellom arbeidssett. Hvor ved 1 minutt pause antall repetisjoner reduserte gjennomsnittlig fra 10 i første sett til 7,1 i tredje sett. Derimot med 3 minutter hvile mellom settene ble det gjennomført gjennomsnittlig 10 repetisjoner i alle 3 sett (Salles et. al, 2009).

Richmond og Godard viste i et studie ved 1, 3 og 5 minutters pauser mellom sett at ved 75% av 1rm ble det i første settet gjennomført i snitt 11,9 repetisjoner, men på sett nummer 2 med 1 minutt pause ble det gjennomført i snitt 6 repetisjoner, på andre sett med 3 minutter pause i snitt 8 repetisjoner og andre sett med 5 minutters pause i snitt 10 repetisjoner (Salles et. al, 2009).

Spierer viste i et studie effekten av aktiv hvile i forhold til passiv hvile med innvirkning på prestasjon i en Wingate anaerob test. Gjennomført arbeid etter den aktive hvileperioden hadde en markant økning i prestasjon i forhold til passiv hvile (Spierer et. al, 2003). I et studie ble det derimot ikke funnet noen markant forskjell på prestasjon eller laktatnivå etter hvileperiode ved sammenligning mellom aktiv og passiv hvileperiode (Laus et. al, 2001).

Når man sammenligner passiv hvile med aktiv hvile øker prestasjonen i tillegg til at laktatverdiene holder seg lavere (Spierer et. al, 2003).

Det er en generell enighet om at aktiv hvile er mer effektivt enn passiv hvile for å forbedre restitusjonsfasen (Fitts, R. H, 1994). Dette kan skyldes at økt blodsirkulasjon både tilfører oksygen og næringsstoffer samtidig som transporten av nedbrytningsprodukter blir mer

effektiv (Gjerset et. al, 1992). Likevel burde hvileformen vurderes i enkelte tilfeller, for eksempel i øvelser der det stilles store krav til konsentrasjon, reaksjon, hurtighet og koordinasjon, samt maksimal kraftinnsats bør hvilen være mest mulig stillestand (Gjerset et. al, 1992). Dopingsmidler har også blitt sett på til å påskynde restitusjonen, og dermed forkorte restitusjonstiden, dog er dopingmidler med på å bryte ned kroppen i det lengre løp, så gevinsten vil i lengden blir mer til skade for kroppen (Gjerset et. al, 1992).

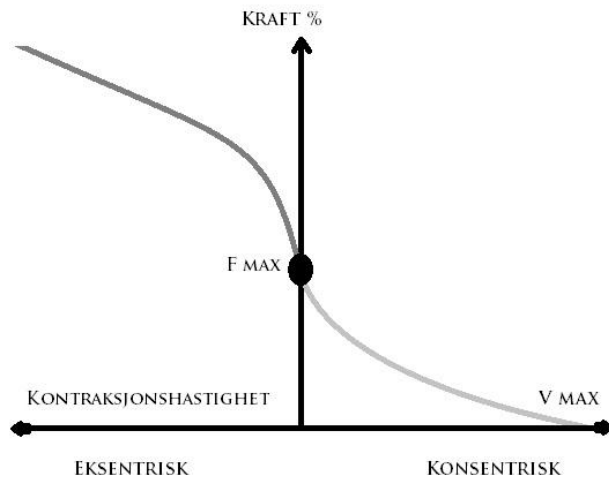
Treningsvarianter:

Siden styrketrening bør spesifiseres opp i mot mål eller krav innenfor idretter kan man kanskje se på laktatnivå opp i mot treningsvarianter for å prøve å finne en optimal gevinst med tanke på resultat, volum og progresjon. Man kan se at kroppen restituerer seg forskjellig ved passiv hvile og aktiv hvile. Det er viktig å sørge for at trening blir spesifikk nok til det man ønsker å prestere, eller at overførbarheten fra andre øvelser er nok spesifikk til at gevinsten blir tilnærmet optimal for idretten eller målene (Katch et. al, 2011).

Maksimal styrke er den største kraften man klarer å utvikle ved langsomme bevegelser og isometriske kontraksjoner (Enoksen et. al, 2007), eller den største kraften en muskelgruppe kan utvikle på en gang (Gjerset et. al, 1992). Maksimal styrke måles i de fleste tilfeller med 1 RM, det vil si den tyngste belastningen en kandidat klarer å gjennomføre en øvelse med en enkelt repetisjon. Dette forutsetter at øvelsen utføres med så uthvilt i muskulatur for hvert løft som overhodet mulig (Gjerset et. al, 1992).

Hypertrofi er treningsformen som gir økning i antallet kontraktile proteiner, inkludert økt antall og størrelse på myofibriller per muskelfiber. I tillegg til at musklene får økt muskeltverrsnitt og volum (Katch et. al, 2011). Ulempen i idrettssammenhenger kan være vektøkning (mer masse på kroppen), som veies opp mot positive effekter på styrke og eksplosivitet (Young, W. B, 2006).

Plyometrisk trening foregår slik at man har en eksentrisk fase før den konsentriske fasen (Figur 1). Hovedprinsippet er at motoriske enheter i muskelen rekrutteres i større grad, og at energien fra elastisiteten i muskelen kommer i tillegg til den konsentriske kraften. Dette tilsier at muskelen strekkes med økt kraft og er på et høyere nivå når forkortningsfasen starter. Det kan også være bra for prestasjonen å ikke ha mye laktat akkumulert (Enoksen et. al, 2007).



Figur 1: Hillkurven viser kraftutvikling (%) og kontraksjonshastighet i de forskjellige fasene av muskelarbeid ved belastning. (Enoksen et. al, 2007) (Modifisert.)

Treningsvolum:

Veien fra nybegynner på styrkerommet til å trene med stor motstand må trappes opp trinnvis med en forsiktig start. Dette er viktig for å ikke overbelaste eller feilbelaste utrent muskulatur. Det er også viktig med rett utførelse av øvelsene for å forhindre skade. Fremgangen vil som tidligere nevnt komme av nevralt adaptasjoner samt muskeltverrsnittarealet (Gjerset et. al, 1992).

Det totale arbeidet man gjør i en treningsøkt kalles for treningsvolum og er synonymt med treningsmengde. Dette begrepet brukes også til oversikten over uker eller måneder med trening (Gjerset et. al, 1992). Treningsvolumet kan regnes i totalt volum eller per muskelgruppe, for eksempel som en øvelse 10 repetisjoner, 5 serier på 100kg arbeidsbelastning (Gjerset et. al, 1992). Volumet er da 5000kg i dette eksemplet.

Definisjon av knebøy:

I styrketrening fungerer knebøy som en øvelse for hele kroppen. Selv om hele kroppen er i bevegelse er primærmusklene gluteus maximus, quadriceps og hamstrings, mens sekundærmuskulaturen er adductors, gluteus medius/minimus, erector spinae, gastrocnemius og soleus. Bevegelsen starter i stående posisjon, med vektstangen liggende på øvre del av trapezius liggende fra skulder til skulder. så beveger man hoften bakover mens man bøyer

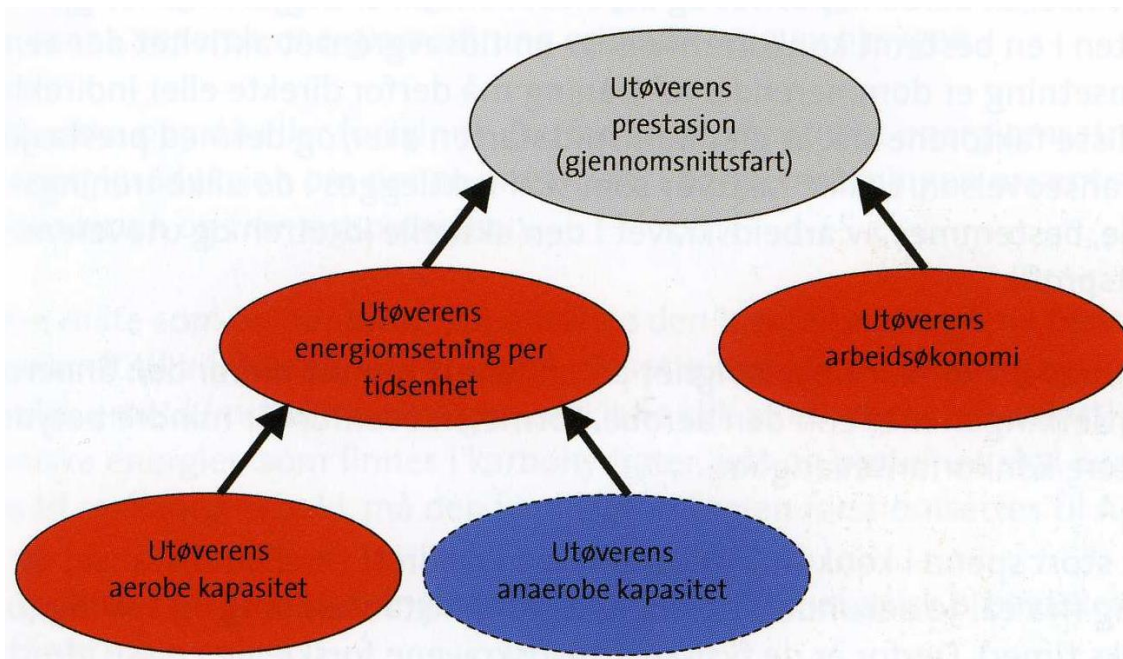
knærne og hoften for å senke overkroppen sammen med vekten. Deretter skal man returnere til stående posisjon med å føre vekten igjennom hælen. Det er mange forskjellige dybder man kan gjennomføre knebøy på, og dybden reguleres ofte ut fra hvilken gevinst man er ute etter og hvilken vekt man har plassert på vektstangen. En typisk feil som kan gjøres under løftet er å ta vekten for raskt ned, som kan føre til at muskulaturen slapper av og man ikke klarer å utnytte eksentrisk kraft (Radcliffe et. al, 2015).

Energiomsetning:

Vi kan si at energiomsetning er en sentral del for treningsprosesser og prestasjonsevner og for at vi skal kunne gjennomføre noen form for arbeid kreves energi. Energien vi trenger finner vi hovedsaklig i fett, proteiner og karbohydrater, disse energikildene henter vi gjerne ut fra kosthold, altså væske- og matinntak.

Mengden muskelmasse på kroppen er viktig for energiomsetningen. Muskelcellene har de beste evnene til å variere omsetningsprosessene ut fra aktivitetsnivå og aktive muskelceller kan ha en energiomsetning rundt 400 ganger høyere enn ved hvile (Dahl, H. A, 2008). Anaerob energiomsetning er en prosess som er uavhengig oksygen for å kunne gjennomføres, mens den aerobe energiprosessen krever oksygen for å drives (Frøyd et. al, 2010). Aerob energiomsetning skjer ved prosesser som omsetter fett og karbohydrat i kombinasjon med oksygen. I motsetning til den Aerobe energiomsetningen bruker ikke den anaerobe energiomsetningen oksygen. Anaerob energiomsetning kan oppnås igjennom to forskjellige prosesser og disse er kreatinfosfatprosessen og anaerob omsetning av karbohydrater.

Ved all trening og fysisk aktivitet er også arbeidsøkonomi viktig. Forbedring av teknikk kan også hjelpe med å forbedre arbeidsøkonomien, som for eksempel løpsteknikk, teknikk i styrkeløft, hvordan forholdet mellom arbeidsvei og frekvens utføres, og selve blodgjennomstrømningen til muskulatur under arbeid (Frøyd et. al, 2010).



Figur 2: Viser sammenhengen mellom de avgjørende prestasjonsfaktorene energiomsetning og arbeidsøkonomi for en utøvers prestasjon (Frøyd et. al, 2010).

Nedbryting av Karbohydrater:

Aerob nedbrytning av karbohydrater skjer ved at pyruvatesyre føres inn i cellemembranen til mitokondrie hvor sitronsyresyklusen skjer. Her dannes Acetyl-COA fra pyruvatesyre som blandes med oksaloksyre, dette danner sitronsyre, som er starten på Krebs syklus. Når sitronsyre har blitt produsert fortsetter nedbrytningen av glukose trinnvis og det vinnes mengder med hydrogen fra Krebs syklus. Deretter går veien videre med elektrontransportører som FAD og NAD til elektrontransportkjeden. Oksidativ fosforylering i elektrontransportkjeden danner ATP når hydrogen spalter fra seg et elektron, elektroner og H⁺ beveger seg igjennom denne kjeden for så å fusjonere med O₂, dette danner H₂O, CO₂ og ADP + P = ATP (Katch et. al, 2011). Syntetisering av ATP (mer enn 90%) skjer i den respiratoriske kjeden ved oksidativ fosforylering (Katch et. al, 2011). Glykolysen er det metabolske systemet som finnes i cytoplasma, utenfor mitokondriene. Det er her karbohydrater brytes ned anaerobt ved at glykogen (glukose) brytes ned til pyruvatesyre som fusjoneres med 2 hydrogenmolekyler som danner laktat (Katch et. al, 2011). Glykolysen er den raskeste formen for energiomsetning av karbohydrater, begrensningen ligger i det at laktatakkumulering påvirker muskelkontraksjoner som følge av forstyrrelser i homeostasen.

For å opprettholde homeostasen og forhindre forstyrrelser av muskelkontraksjoner blir laktat og H⁺ fraktet ut i blodet. Dette fører til at PH-verdien i blodet synker som opphopning av melkesyre (Frøyd et. al, 2010).

Fett har derimot høyere andeler med karbonatomer som gjør det mulig å produsere mer ATP per fettsyremolekyl i forhold til karbohydrater, noe som gjør fett rikt på energi (Katch et. al, 2011). Fett kan bare omsettes igjennom aerobe prosesser, og siden prosessen er aerob er ikke sluttproduktet laktat (Katch et. al, 2011).

Adenosin Tri-fosfat (ATP):

ATP brukes og gjenoppbygges konstant og det finnes i omkring 250 gram med ATP i hele kroppen vår. I musklene våre finnes det bare små mengder med ATP ca 80 til 100 gram. Denne mengden er nok til å gi oss noen få sekunder med mekanisk arbeid (Frøyd et. al, 2010). Den molekylære tyngden som ATP molekylene har gjør at cellene kun lagrer ATP i begrensede mengder for at resyntesen skal klare å holde samme takt som forbruket er, altså slik at vi ikke går tom for ATP (Katch et. al, 2011).

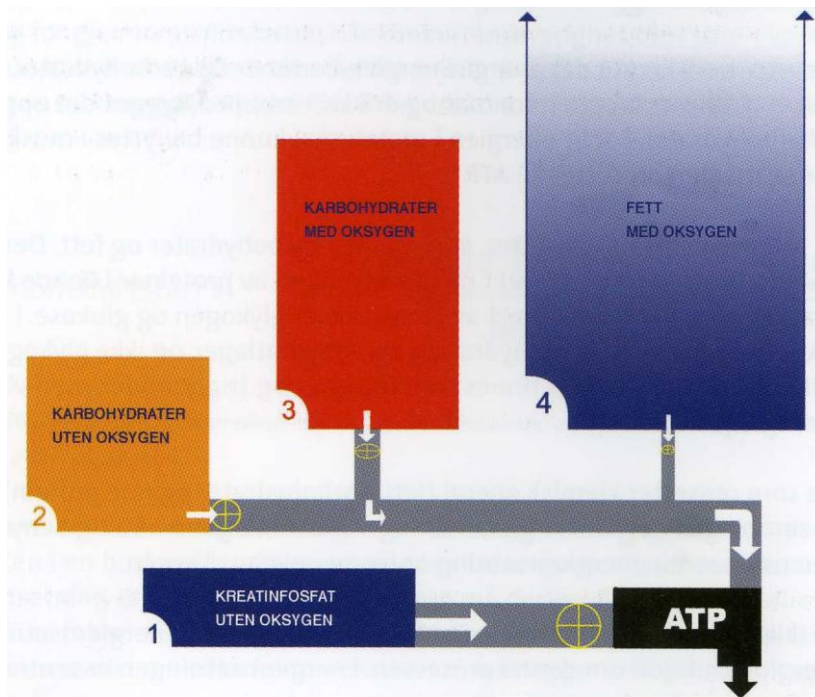
For at vi skal kunne gjennomføre arbeid over tid må ADP igjen omformes til ATP. Den energien som kreves for omforme ADP til ATP henter kroppen ved å omsette fett og karbohydrater (Frøyd et. al, 2010). I tillegg finnes også et stoff som ligger lagret rundt myofibriller i store nok mengder til å gjennomføre muskelarbeid mellom 4-10 sekunder med maksimal innsats (i noen kilder nevnes det at mengden representerer 8-12 sekunder supplement med energi) (Katch et. al, 2011). Dette stoffet kalles for kreatinfosfat (ofte betegnet som CrP) og er en kilde kroppen kan overføre energi fra for å skape ADP til ATP (Frøyd et. al, 2010).

Kreatinfosfatlagrene representerer det mest energieffektive lagret, men dog det mest begrensede energilageret (Katch et. al, 2011). Når vi avslutter et muskelarbeid blir kreatinfosfat bygd opp ved at Cr og fosfat (p) bindes på nytt. Hvis aktivitet skal fortsette etter at lagrene av ATP og CrP er oppbrukt må karbohydrat og fett brytes ned for å supplere energi (Katch et. al, 2011).

Den energien som ligger i ATP brukes av musklene fordi en kontraksjon av musklene våre krever energi, den frigjøres igjennom en kjemisk spalting av ATP: $ATP \rightarrow ADP + P + Energi$

ATP settes sammen ved hjelp av fire forskjellige prosesser, der det meste av energi som omsettes kommer fra karbohydrat- og fettlagre. Over de fire forskjellige prosessene er mengden med energi og størrelsen på energilagrene forskjellig (Figur 3) (Frøyd et. al, 2010).

1. Kreatinfosfatprosessen.
2. Anaerob omsetning av karbohydrater.
3. Aerob omsetning av karbohydrater.
4. Aerob omsetning av fett.



Figur 3: Symboliserer størrelsene på energilagrene i energiomsetningen i forhold til hverandre (Frøyd et. al, 2010).

Laktat:

Under arbeid produserer kroppen laktat, et stoff som inneholder energi som kroppen produserer og samtidig eliminerer. Ved likevekt i cellenes fysiologiske systemer kaller vi det for homeostase. Intens fysisk aktivitet resulterer i en produksjon av laktat, og laktatopphopning i arbeidende muskler ansees å være en årsak for tretthet (Fitts, R. H, 1994).

Den største kilden for syreproduksjonen i skjellemuskulatur er den anaerobe produksjonen av laktat fra glukose og glykogen (Fitts, R. H, 1994). Laktat er produktet av den anaerobe nedbrytningen av glukose. Tilfører man deretter tilstrekkelig med oksygen inn i prosessen vil laktat brytes ned til karbondioksid og vann, noe som vil si at laktat akkumuleres når det ikke er tilført tilstrekkelig oksygen. Laktat burde dog ikke ses på som et bortkastet avfallsprodukt. Laktat er en kilde til kjemisk energi av stor verdi og ender til slutt opp i oksidering og formes til ATP (Katch et. al, 2011). Laktat kan i treningsammenheng brukes for å måle treningsintensitet og treningsbelastninger. Laktatnivå kan holdes på forskjellige nivåer for forskjellige utøvere. Gjennomsnittlig hvilelaktat for kvinner og menn ligger mellom 0,5 - 2,2 mmol/l i hemolysert blod (Urdal et. al, 2009). All hard fysisk aktivitet vil føre til endringer i laktatnivå. Variasjoner i blodlaktatnivå kan som regel forklares som en følge av den aktiviteten og intensiteten som gjennomføres rett før målingen blir tatt. I et forsøk med laktatmålinger på fotballspillere viste det seg at under mer høyintensitetsarbeid som ble gjennomført reflekterte det seg i laktatmålingene (Urdal et. al, 2009). Større arbeidsmengde viste seg å gi høyere hjertefrekvens og høyere blodlaktat (Urdal et. al, 2009).

Power-atleter oppnår ofte 20-30% høyere verdier av laktat i blod enn stillesittende personer som utøver nær maksimal trening (Katch et. al, 2011). Denne responsen kan forklares med at de intramuskulære glykogenlagrene øker, som tillater større energibidrag igjennom anaerob glykolyse, i tillegg til en økning av enzymaktivitet relatert til glykolysen, som et resultat av trening (Katch et. al, 2011).

Ved trøtthet i muskulaturen øker det osmotiske trykket inne i muskelen, noe som fører til mengdeøkning med intracellulært vann og en hevelse av celler. Denne endringen har blitt sterkt korrelert med økningen av laktatnivåer (Fitts, R. H, 1994). Fiberhevelsen er en konsekvens av at laktat gir en effekt på det laterale rommet til de kontraktile filamentene, noe som kan hindre en topprestasjon (Fitts, R. H, 1994).

Oksyngjeld i restitusjon. EPOC:

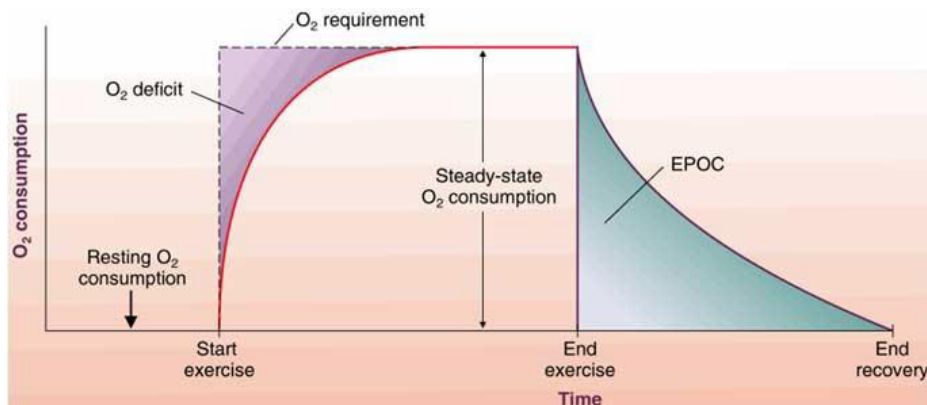
EPOC og energiforbruk ved trening er deler som utgjør termisk effekt av fysisk aktivitet (Sedlock et. al, 1989). EPOC kan vi definere som energiforbruket etter treningsperioden hvor det metabolske nivået forblir forhøyet i forhold til før treningsnivå (Sedlock et. al, 1989).

Energikravet under trening med O_2 er noen ganger mer krevende enn kroppen klarer. Ved oppstarten av aerob trening vil ikke de respiratoriske systemer sammen med sirkulasjonssystemer klare å tilføre nok O_2 til muskulaturen. Det kan ta flere minutter før oksygenforbruket oppnår arbeidskravet hvor de aerobe prosessene er tilstrekkelige (Kenny et. al, 2012). Siden O_2 -leveringen og O_2 -kravet er forskjellig fra hvile til trening vil der oppstå mangler av O_2 . Selv med utilstrekkelig O_2 i starten av trening vil muskulaturen som tidligere nevnt bruke ATP igjennom anaerobe prosesser. Når treningen stanser sammen med muskelaktivitet vil O_2 -forbuket holde seg forhøyet (EPOC) over hvilenivå de første hvileminuttene (Kenny et. al, 2012).

EPOC skyldes forstyrrelser i homeostasen som konsekvens av trening (McArdle et. al, 2010). Fysiologiske systemer som er i drift ved trening har økt oksygenkrav under restitusjonsfasen. Ved lett og kortvarig aktivitet vil EPOC generelt bare være etterfyllingen av ATP og CrP som ble brukt under selve økten, dette skjer i løpet av minutter. Ved høy intensitet over lengre tid vil EPOC være forhøyet i lengre tid (McArdle et. al, 2010). Ved styrketrening vil deler av EPOC komme av omdanningen av H1a til glykogen (McArdle et. al, 2010). Forhøyet kroppstemperatur vil for eksempel føre til større EPOC på grunn av stimulasjon av metabolismen (McArdle et. al, 2010). På grunn av anaerobe bidrag kan det være vanskelig å sammenligne styrketrening og utholdenhetstrening. Med 10 øvelser, 10 repetisjoner i 3 serier har det blitt vist en økning i VO_2 på rundt 19% de første timene etter avsluttet trening (Binzen et. al, 2001). Det antydes i studier at utholdenhetstrening produserer mindre EPOC-respons enn styrketrening (Burlison et. al, 1998).

Ved lav intensitet og liten økning i kroppstemperatur vil omtrent halvparten av EPOC inntreffe i løpet av 30 sekunder. Hele prosessen tar derimot flere minutter (Katch et. al, 2011).

Fasen etter fast component kalles for slow component, og denne prosessen slår inn når det skjer anstrengende aktiviteter som fulgt av økt kroppstemperatur og akkumulasjon av blodlaktat. Denne restitusjonsfasen er lengre og kan vare så lenge som 24 timer eller mer før at oksygenopptaket er reetablert fra tidligere aktivitet (Katch et. al, 2011).



Figur 4: Viser en oversikt over EPOC, fast- og slow component (Kenny et. al, 2012).

Problemstilling:

Som nevnt har styrketrening vært aktuelt i mange år og kan spores flere tusen år tilbake. Fokuset har ofte vært på treningsmetodene, hvileperiodene men ikke hvileformen for hva som gir optimal gevinst i forhold til muskelvekst og prestasjon. Noe som ofte går igjen i litteraturen er hvordan aktiv hvile kan hjelpe på restitusjonsfaser, også for utholdenhetsutøvere. For å prøve å kunne dra noen konklusjon på hvilken hvileform som gir mest laktateliminering og størst prestasjonsgevinst vil laktatmålinger og repetisjoner være essensielt. I dette forsøket skal laktatmålinger ved aktiv hvile sammenlignes med målinger fra passiv hvile for å forsøke å forklare hvilken aktivitetsprosedyre som skaper mest eliminering (mmol/l) og i tillegg hvilken test som gir flest maksimale repetisjoner for forsøkskandidatene. To hovedproblemstillinger er undersøkt i denne oppgaven:

1. Kan aktiv hvile hjelpe kroppen å mer effektivt eliminere laktat mellom arbeidssett enn ved passiv hvile?
2. Kan aktiv hvile gi en prestasjonsgevinst i forhold til passiv hvile når man gjennomfører knebøy slik at man kan gjennomføre flere repetisjoner på en bestemt belastning?

Hypotese:

Det antas at passiv hvile vil akkumulere mindre laktat som følge av mindre total mengde aktivitet, og at aktiv hvile vil eliminere mer laktat i hvile grunnet kontinuerlig aktivitet uten belastning som gir økt blodtilførsel og temperaturøkning, dette kan kanskje stimulere den aerobe energiomsetningen. Det antas også at grunnet kontinuerlig aktivitet vil aktiv hvile gi en positiv effekt på antall repetisjoner gjennomført.

Metode:

I dette studiet stilte seks fysisk aktive menn frivillig for å være med i testene. Disse kandidatene trente mellom 5 til 6 ganger i uken. Kandidatgruppen besto av høgskolestudenter. Tabell 1 under viser en oversikt over kandidatene. Kandidatene hadde på forhånd fått et infoskriv med informasjon om studiet, hvilke rettigheter kandidatene har og eventuell risiko som kan finne sted, hvor de så ble bedt om å gi sitt skriftlige samtykke for deltagelse i forsøket (se vedlegg).

Tabell 1: Viser en oversikt over de mannlige kandidatene sine gjennomsnittlige karakteristika og standardavvik.

Oversikt over forsøkskandidaters karakteristika					
Antall deltagere	Alder (år)	Vekt (Kg)	Høyde (Cm)	1RM (Kg)	Relativ styrke
5	22,8 ± 2,5	81,6 ± 11,3	179 ± 11,2	125 ± 14,1	1,5 ± 0,2

Design:

Det ble i dette studiet gjennomført repeterte tester. Det ble gjennomført tre tester for hver kandidat, en test for å anslå maksimal belastning (1RM), en test med 4 sett knebøy og passiv hvile og en test med 4 sett knebøy og aktiv hvile. Alle kandidatene gjennomførte testene slik at de selv var deres egen kontroll. Rekkefølgen på testene ble randomisert slik at noen først hadde aktiv hvile, mens noen hadde passiv hvile. Alle kandidatene måtte ta 1RM testen først for å kunne beregne arbeidsbelastning under selve forsøket. Kandidatene hadde 48 timer hvile

fra all annen trening før testene ble gjennomført, og testene var fordelt med en ukes tid mellom hver test. Dietten til kandidatene er ikke kontrollert i denne undersøkelsen, men kandidatene ble spurt om å spise det samme på dager med tester.

Materiale og Måleutstyr:

I dette studiet ble det brukt forskjellig utstyr som måleinstrumenter og vektstenger, for å standardisere ble samme utstyr brukt på alle kandidatene i forsøkene. For å forsterke etterprøvbareheten så noteres det ned mest mulig detaljer om utstyret som ble brukt. Kandidatene jogget på en tredemølle av typen Trackmaster (Modell: TMX425C, Full vision inc, Newton, Kansas). Ved selve forsøket hvor kandidatene gjennomførte knebøy ble det brukt en Hammer Strength squat rack med en svart olympisk vektstang av Ivanko som veide 20 kg, med denne stangen ble det brukt gummivekter av olympisk standard som varierte fra 1.25Kg til 20Kg. For passiv pause ble det brukt en vanlig stol uten pute og setehøyden var 40 cm. Kandidatene brukte en spinningssykkel (SP1400 Hope) under forsøkene med aktiv pause. DermiCare vinylhansker ble brukt ved laktatmålinger som ble målt med Arkray Lactate Pro Blood Lactate Teste Meter (En hemolyserende laktatmåler), med dette apparatet ble det brukt Arkray Lactate Pro self-testing test strips (Code No. : 100656). Blodet ble trukket fra finger med stikk av SurgiLance Safety Lancets (SLN240 Needle 2,2 mm Depth, 22 Gauge, Orange).

Kalibrering:

Kalibreringen av Laktatmåleren ble gjort ved hjelp av kalibreringsstriper som fulgte med utstyret som fortalte hva måleren skulle vise ved bruk av disse kalibreringsstripene (Check Strip for Blood Lactate Test Meter). Der var ikke noen avvik i disse testene med kalibreringen.

Aktivetsprosedyre:

Før selve belastningsprøven ble satt i gang varmet kandidatene opp med å jogge i 5 minutter på tredemølle med 2 % stigning. Deretter løftet kandidatene 10 repetisjoner med olympisk vektstang etterfulgt av en 3 minutters pause. Deretter tok kandidatene ett sett med 10 repetisjoner med 40% av antatt 1RM etterfulgt av 3 minutter pause. Kandidatene bygde seg deretter opp fra 70% av antatt 1RM til faktisk 1RM med sett som besto av 1 repetisjon per

vekt, og 3 minutter pause. Vektøkningen mellom hvert forsøk var 5 kilo 1RM ble konkludert ved at kandidatene etter 3 forsøk på tyngste belastning ikke klarte å gjennomføre repetisjonen, med 3 minutter pause mellom hvert forsøk, det vil si at tyngste belastning som ble løftet korrekt var deres 1RM. En repetisjon i knebøy ble godkjent ved at dybden i løftet var at lår var parallell med gulvet. I denne testen ble det valgt å bruke passiv pause, fordi dette var mest likt treningsvaner kandidatene hadde, altså å sitte i ro mellom arbeidssett.

Laktatmålinger:

I disse eksperimentene ble det gjennomført standard laktatmålinger ved hjelp av hygienisk fingerpunktsmetode. Blodet ble øyeblikkelig analysert av "arkray lactate pro" laktatmåler som bruker 60 sekunder på analysen av blodet, første laktatmåling ble tatt etter passert 3 minutter hvile etter oppvarming. På alle arbeidssett ble det gjennomført 2 laktatmålinger, rett før arbeid startet, det vil si etter passert 3 minutter hvile, og rett etter arbeidssettet var gjennomført, altså når kandidaten satt i fra seg vektstangen etter repetisjonene. Det ble gjennomført totalt 9 laktatmålinger per kandidat på hver test og før alle målingene ble det tørket av fingeren med spritserviett og tørkepapir.

Passiv Pause:

Kandidatene gjennomførte oppvarming ved lett jogg på tredemølle i 5 min på 2% stigning. Etter joggingen gjennomførte kandidatene 10 repetisjoner med kun vektstang, deretter 1 sett med 10 repetisjoner på 40 % av 1RM for så til slutt å løfte 1 sett med 3 repetisjoner på 60% av 1RM. Alle disse løftene med 3 minutters pause i mellom hvert sett. Når oppvarmingen var gjennomført ble belastningen satt til 75% av 1RM på vektstangen, deretter skulle kandidatene gjennomføre 3 sett med 8 repetisjoner, for så å avslutte med et siste sett hvor det skulle ta så mange repetisjoner som overhodet mulig. I mellom disse settene hadde kandidatene fortsatt 3 minutters pause. Pausen i denne delen besto av å sitte helt i ro på en stol rett bak løfteposisjonen.

Aktiv Pause:

Kandidatene gjennomførte oppvarming ved lett jogg på tredemølle i 5 min på 2% stigning. Etter joggingen gjennomførte kandidatene 10 repetisjoner med kun vektstang, deretter 1 sett

med 10 repetisjoner på 40 % av 1RM for så til slutt å løfte 1 sett med 3 repetisjoner på 60% av 1RM. Alle disse løftene med 3 minutters pause i mellom hvert sett. Når selve arbeidsperioden startet satt man belastning på vektstangen til 75% av 1RM, deretter skulle kandidatene gjennomføre 3 sett med 8 repetisjoner, for så å ta et siste sett med så mange repetisjoner som mulig. I motsetning til testen med passiv pause hadde kandidatene 3 minutter pause på spinningssykkel med tilnærmet ingen motstand, sykkelen ble plassert rett ved arbeidsplassen slik at kandidaten ikke måtte bevege seg mye for å komme seg mellom hvileplassen og arbeidssted.

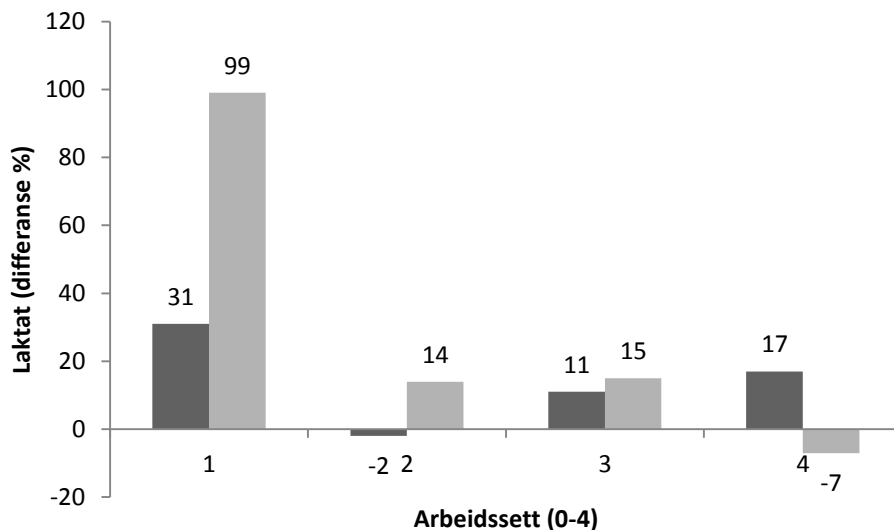
Databehandling:

Alle resultater og data som ble innsamlet ble behandlet med Microsoft Excel 2007 inc. Figurer og tabeller ble også utarbeidet i Excel, dette inkluderer også alle utregninger av datamateriale. Det ble utregnet standardavvik til alle resultater. Data har blitt anonymisert slik at de ikke kan spores tilbake til de enkelte kandidatene og deres individuelle prestasjoner.

Resultater:

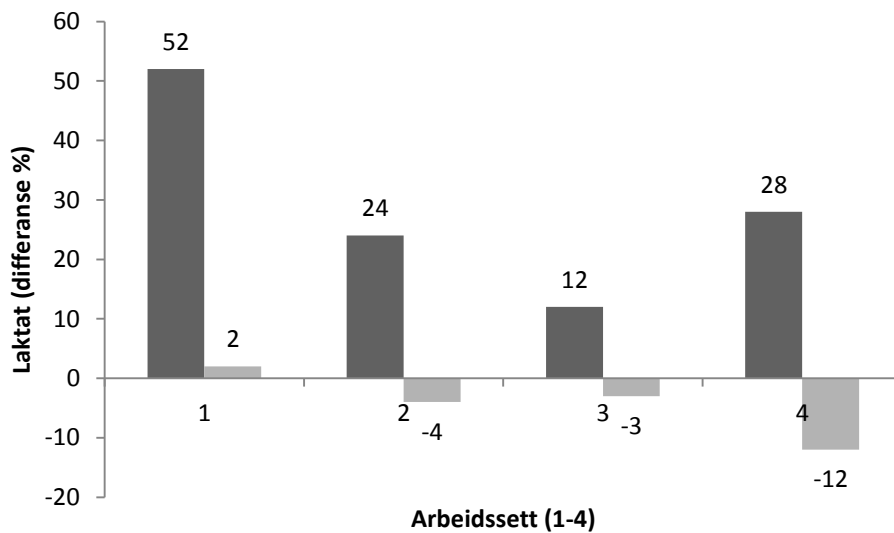
Hovedfunn vises i figur 5 og 6 som prosent endring i laktat fra før og etter hvileperiode. Figur 7 viser antallet repetisjoner som ble gjennomført med de to forskjellige hvileformene.

Gruppen opplevde en økning i relativ laktat differanse % (figur 5) fra $31 \pm 35\%$ før pausen til $99 \pm 91\%$ etter hvile ved første arbeidssett. Ved andre sett opplevde de en eliminasjon på $2 \pm 45\%$ før hvile og en akkumulasjon på $14 \pm 16\%$ etter hvile. På arbeidssett 3 fikk kandidatene en økning på $11 \pm 8,7\%$ før hvile og $15 \pm 17\%$ etter hvile. Sett 4 som var maksimale repetisjoner opplevde kandidatene en økning i laktat før hvile på $17 \pm 20\%$ og etter endt hvile en eliminasjon på $7 \pm 20\%$.



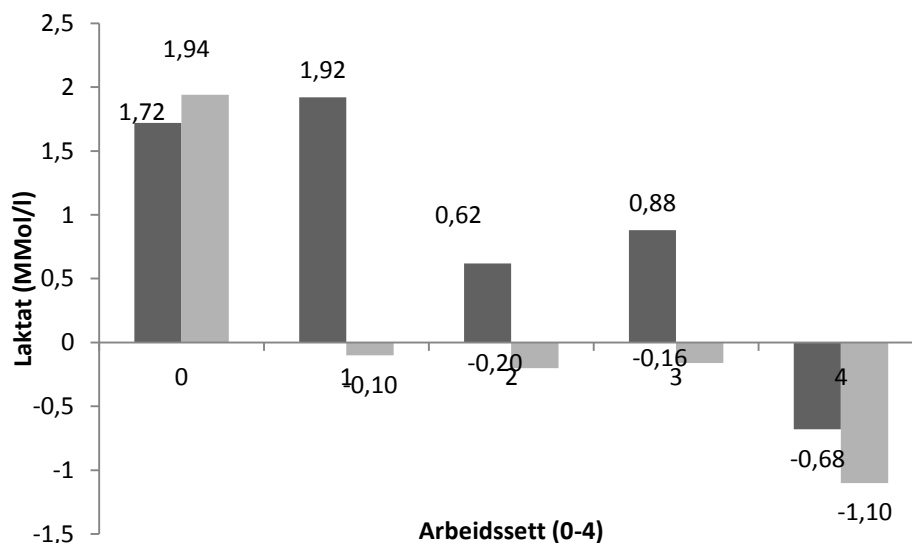
Figur 5: Viser en oversikt over relativ laktat differanse (%) fra hvile ved passiv hvile. Mørke søyler er før den passive hvileperioden starter. Lyse søyler er etter 3 minutter gjennomført passiv hvile. Negative tall tilsvarer % laktateliminering.

Ved aktiv hvile opplevde kandidatene en økning i laktat (Figur 6) fra hvile på $52 \pm 11\%$ før hvile startet til $2 \pm 22\%$ etter hvile. Hvilen etter arbeidssett 2 viste en økning på $24 \pm 11\%$ før hvile og en eliminering på $4 \pm 22\%$ etter hvileperioden. Ved sett 3 hadde kandidatene en økning på $12 \pm 8\%$ før pausen startet og en eliminering på $3 \pm 10\%$. Ved maksimal antall repetisjoner på siste sett hadde kandidatene en økning på $28 \pm 27\%$ mens etter tre minutter hvile hadde de en eliminering på $12 \pm 21\%$.



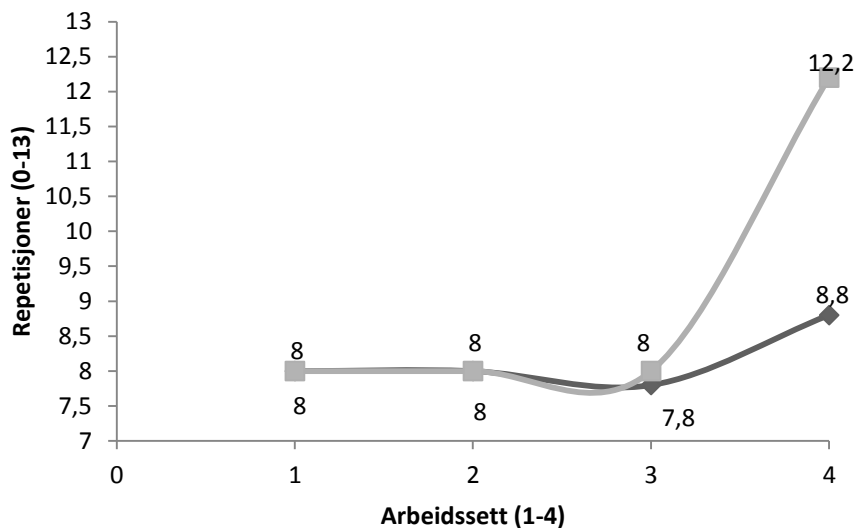
Figur 6: Viser en oversikt over relativ laktat differanse (%) fra hvilelaktat ved aktiv hvile. Mørk linje representerer når den aktive hvilen settes i gang. Lys linje representerer 3 minutter aktiv hvile gjennomført. Negative tall tilsvarer % laktateliminering.

Differansen per arbeidssett ved hvile (arbeidssett 0) var $1,72 \pm 0,43$ mmol/l på passiv hvile (figur 7). Ved sett 1 var laktatakkumulasjonen gjennomsnittlig $1,92 \pm 1,77$ mmol/l under det andre settet $0,62 \pm 0,66$ mmol/l og ved det tredje settet $0,88 \pm 1,02$ mmol og ved siste arbeidssettet en eliminering på $0,68 \pm 1,83$ mmol/l.



Figur 7: Viser gjennomsnittlig differanse laktateliminasjon (mmol) mellom før og etter hvile for de to forskjellige hvileformene. Mørke søyler representerer passiv hvile, lyse søyler representerer aktiv hvile. Negative tall representerer eliminasjon av laktat.

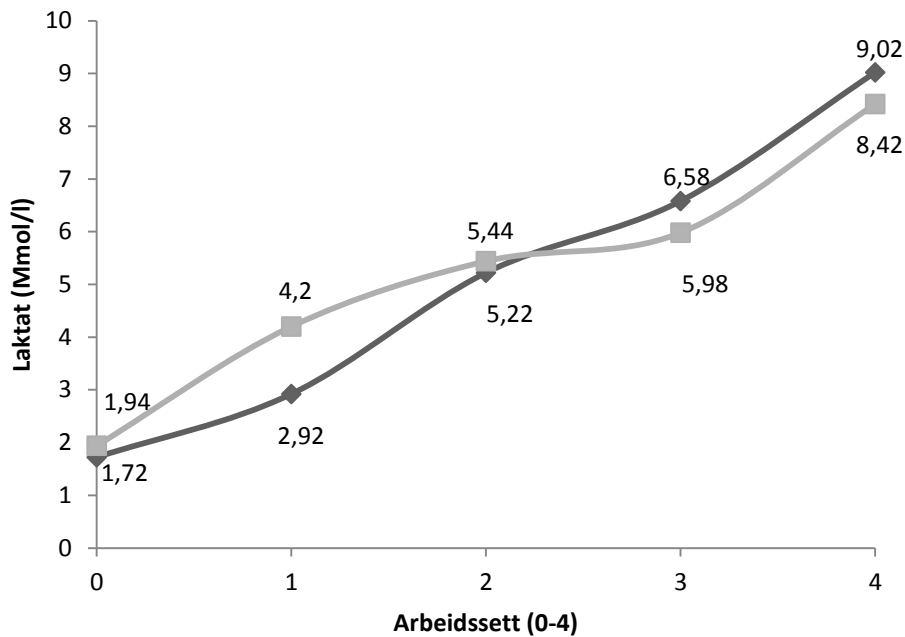
På forsøket med aktiv hvile hadde kandidatene gjennomsnittlig $1,94 \pm 0,33$ mmol/l i laktatnivå i hvile (Figur 7). I den første hvileperioden etter arbeid hadde kandidatene en gjennomsnittlig laktateliminasjon på $0,10 \pm 0,83$ mmol/l. Under andre perioden var laktateliminasjonen $0,20 \pm 0,6$ mmol/l. Ved den tredje perioden viste kandidatene en laktateliminasjon på $0,16 \pm 1,02$ mmol/l. Videre under den siste perioden etter maksimale repetisjoner hadde kandidatene en laktateliminasjon på $1,10 \pm 1,74$ mmol/l.



Figur 8: Viser antallet repetisjoner gjennomført per arbeidssett under begge forsøkene. Mørk linje representerer repetisjoner under passiv hvile, lys linje representerer repetisjoner under aktiv hvile.

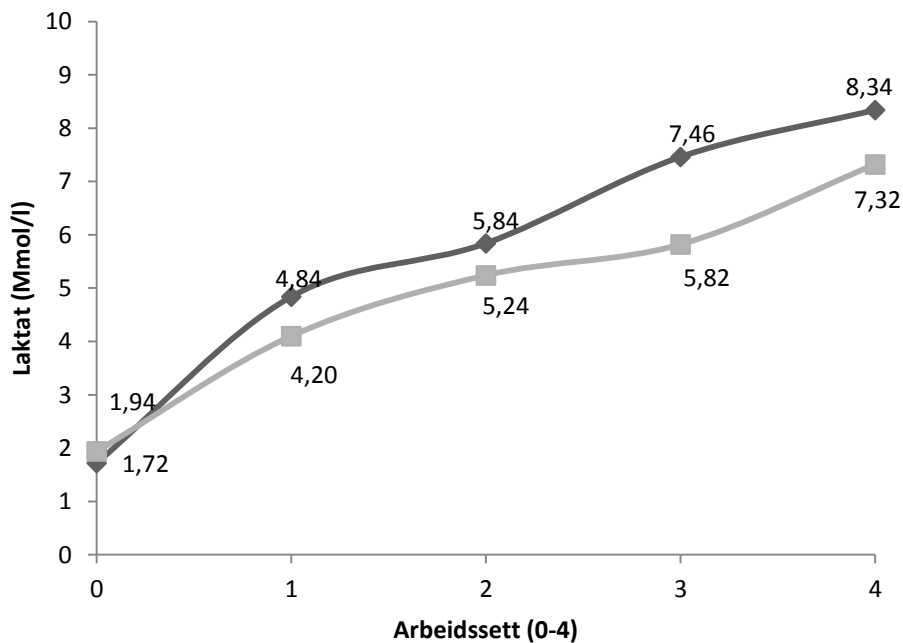
Oversikten over arbeidssettene kandidatene gjennomførte, og hvor mange repetisjoner de klarte å fullføre i det siste arbeidssettet vises i figur 8. Vi ser at i arbeidssett nummer 1 klarte kandidatene 8 ± 0 repetisjoner ved begge hvileformene, det samme vises under arbeidssett nummer 2 (8 ± 0). I arbeidssett nummer 3 ser vi at ved passiv hvile klarte kandidatene $7,8 \pm 0,45$ repetisjoner, mens ved aktiv hvile klarte de 8 ± 0 repetisjoner. I det siste settet hvor

kandidatene skulle utføre maksimalt antall repetisjoner klarte de ved passiv hvile $8,8 \pm 2,95$ repetisjoner, mens med aktiv hvile $12,2 \pm 2,59$ repetisjoner. Det siste arbeidssettet viser en differanse med forbedring på 27,87% ved aktiv hvile i forhold til passiv hvile.



Figur 9: Viser gjennomsnitt laktatmåling per arbeidssett før hvile gjennomføres. Mørk linje representerer passiv hvile og lys linje representerer aktiv hvile.

Gjennomsnittlig laktatnivå før de to forskjellige hvileformene blir gjennomført er presentert i figur 9. Her kan vi se at den aktive gruppen hadde i snitt høyere laktatnivå ved hvile $1,94 \pm 0,33$ mmol/l aktiv og $1,72 \pm 0,43$ mmol/l passiv, det første settet $4,2 \pm 1,35$ mmol/l aktiv og $2,92 \pm 1,35$ mmol/l passiv, og det andre arbeidssettet med $5,44 \pm 1,11$ mmol/l aktiv mens passiv viste $5,22 \pm 1,52$ mmol/l, men så stiger målingene ved passiv hvile på sett 3 til $6,58 \pm 1,65$ mmol/l og dermed passerer aktiv hvile, mens aktiv hvile øker til $5,98 \pm 1,03$ mmol/l. Ved arbeidssett nummer 4 holder passiv hvile seg over aktiv med $9,02 \pm 0,70$ mmol/l mens de aktive målingene viser $8,42 \pm 1,29$ mmol/l.



Figur 10: Viser gjennomsnitt laktatmåling per arbeidssett etter tre minutter gjennomført hvile. Mørk linje representerer passiv hvile og lys linje representerer aktiv hvile.

De gjennomsnittlige laktatmålingene som vises i figur 10 ble tatt etter gjennomført 3 minutter hvile både ved aktiv og passiv hvile. Her ser vi målingene med samme hvilelaktat som i figur 9, men etter første hvileperiode har passiv hvile med $4,84 \pm 0,91$ mmol/l passert aktiv hvile som viser $4,2 \pm 0,83$ mmol/l. Etter andre hvileperiode viser passiv hvile målinger på $5,84 \pm 1,42$ mmol/l mens aktiv hvile måler $5,24 \pm 1,22$ mmol/l. Gjennomført tredje arbeidssett og hvileperiode viser passiv hvile $7,46 \pm 1,75$ mmol/l mens aktiv hvile viser $5,82 \pm 1,29$ mmol/l. Etter maksimale repetisjoner og gjennomført hvile viser målingene for passiv hvile $8,34 \pm 1,67$ mmol/l og aktiv hvile viser $7,32 \pm 1,82$ mmol/l.

Diskusjon:

Oppsummering av hovedfunn:

Etter to tester med forskjellig hvileform tyder det til at aktiv hvile mer effektivt eliminerer laktat, samt at prestasjonen økte hos kandidatene (figur 5, 6 og 7). Dette kan sees på som et betydningsfullt funn siden det prosentmessig var en markant endring, både i laktateliminering (mmol/l) og i antall repetisjoner gjennomført mellom de to testene.

Resultatene med aktiv hvile viste at kandidatene i gjennomsnitt raskt kom opp til over 4mmol/l i laktat. Ved de første to settene var derimot passiv hvile i gjennomsnitt lavere laktatnivå før hvileperioden startet, som vist i figur 9. Vi ser også at laktatmålingene fra passiv hvile passerer aktiv hvile på arbeidssett 3 og 4 før hvileperioden ble gjennomført. Ser vi på figur 10 kan vi se at etter gjennomført hvile holder laktatnivå fra aktiv hvile seg under målingene fra passiv hvile igjennom alle settene. Til tross for at hvilenivå laktat var høyere enn hvilenivå laktat ved passiv hvile. Testen med aktiv hvile viste en større eliminering av laktat (mmol/l) enn ved passiv hvile, og en relativ differanse (%) fra hvilelaktat som er lavere enn ved passiv hvile.

Hovedfunn i forhold til problemstilling og hypotese:

Formålet med dette studiet var å finne ut om aktiv hvile kunne føre til mer effektiv laktateliminering enn ved passiv hvile, samt å øke prestasjonen med antallet repetisjoner gjennomført i øvelsen knebøy.

Det ser ut til at 3 minutter med aktiv hvile er nok til å eliminere mer laktat i forhold til passiv hvile, dette kan være en effekt av at syklingen øker hjertefrekvens, puls øker og blodtilførsel til muskulatur intensiveres. Dermed ved hjelp av aerobe prosesser kanskje klare å mer effektivt fjerne H⁺ fra muskulatur for å holde pH-verdier i muskulatur lavere og dermed forhindre laktatakkumulering. Ser vi på laktatmålingene for hvileperioden etter det siste arbeidssettet kan man se at ved aktiv hvile ble det eliminert 1,1mmol laktat, ved passiv hvile 0,68mmol. Dette er interessant fordi prestasjonen i dette settet hadde en forbedring på 27,87% ved aktiv hvile i forhold til passiv hvile. I følge teori skulle man kanskje tro at fler repetisjoner gjennomført leder til høyere laktatakkumulering i muskulatur, men ut i fra resultatene i figur 9 og 10 ved siste sett kan vi se at både elimineringen av laktat er mer effektiv ved aktiv hvile og at laktatnivå totalt var lavere både før og etter den aktive

hvileperioden i forhold til passiv hvile. Figur 9 og 10 viser også at ved arbeidssett 3 skjer det en økning i laktat (0,88mmol/l) etter 3 minutter passiv hvile, mens aktiv hvile viser en eliminasjon av laktat (0,16mmol/l). Dette kan være fordi de anaerobe prosessene jobber kontinuerlig og at kroppen ikke klarer å føre avfallstoffene like effektivt bort fra muskulaturen ved å bare sitte i ro. Derimot med økt aktivitetsnivå som fører til økt blodsirkulasjon tyder det på at avfallstoffer blir mer effektivt transportert bort fra muskulaturen.

Det kan se ut som at de aktive hvileperiodene hjelper kroppen med å stimulere de aerobe prosessene, slik at de anaerobe bidragene kanskje ikke fører til samme opphopning av laktat som ved passiv hvile. Kroppen jobber også i hvileperioden ved aktiv hvile selv om belastningen endrer seg mellom arbeidssett og hvile, men under passiv hvile får man kanskje i stedet tilnærmet en slags intervalleffekt siden blodgjennomstrømming senkes som følge av at pulsen går ned som en konsekvens av at aktivitetsnivå senkes i hvileperioden.

Det vil kanskje være fordeler av å være godt trent i denne sammenhengen fordi man da kanskje har økt anaerobiske og aerobiske kapasiteter, som lar kroppen enda mer effektivt utnytte faktorene av aktiv hvile. I tillegg vil kapillærisering som følge av trening gi en større effekt på transport av næringsstoffer og avfallsstoffer.

Kanskje man vil bruke av type IIa og IIb fibre ved aktiv hvile siden disse brukes kjemperaskt, men at man fortsatt klarer å konservere nok av type I fibre til å prestere og utnytte den økte strømmen av næringsstoffer fra økt blodsirkulasjon, man kan også tenke seg at fibertypene IIa og IIb får økt tilgang til næringsstoffer som igjen kanskje fører til at de ikke blir utmattet. Hvis den aktive hvilen hadde vært regulert til en høyere intensitet, type 25%-50% av- eller opp i mot OBLA, så hadde kanskje ikke muskulaturen klart å eliminere laktat like effektivt i hvileperioden. Dette ville muligens ha ført til en dramatisk nedgang i prestasjon fra første til fjerde arbeidssett.

Figur 7 viser antallet repetisjoner og vi kan se på siste arbeidssett at prestasjonen økte med 27,87% under aktiv hvile. Dette settet var hvor kandidatene skulle prøve å presse seg til å gjennomføre så mange godkjente repetisjoner som overhodet mulig. Det kan være at den aktive hvilen som tidligere nevnt øker blodsirkulasjonen til quadriceps som kan hjelpe til med det osmotiske trykket i muskulatur, som igjen kanskje gjør at laktat ikke akkumulerer i like stor grad som ved passiv hvile. Dette vil kanskje også kunne forhindre fiberhevelsen som går utover de kontraktile filamentene som kan forhindre en topprestasjon. Siden man ved knebøy henter kraft fra elastisitet i muskulatur (som vist i figur 1), i tillegg til den konsentriske fasen

kan det derfor være kritisk å ikke akkumulere mye laktat. Som nevnt kan dette hjelpe kroppen med muligheten til å utnytte maksimalt av strekkelementene i den eksentriske fasen fordi muskulaturen har da ekstra arbeidsrom.

Den økte prestasjonen vi ser i resultatene vil kanskje føre til økt DOMS siden man mest sannsynlig klarer å rive av en større mengde muskelfibre med den økte ytelsen som kanskje igjen fører til et økt utslipp av blant annet kreatin kinase.

Hvis man tenker på treningsvolum så vil økningen i prestasjon vist i figur 7 ha veldig mye å si for treningsplanlegging over tid. La oss si for eksempel en styrkeløfter som vet nøyaktig treningsplan kan løfte 27,87% flere repetisjoner på siste sett ved bruk av aktiv hvile. Treningsvolumet vil da bli mye større, og hvis man kan føre resultatet over på andre øvelser enn knebøy, vil det totale treningsvolumet vokse markant. Hvis alle øvelser har en like stor gevinst vil det spesielt reflektere seg i den totale mengden som legges i treningsplan. Selv om kanskje ikke aktiv hvile på sykkel vil være like effektivt hvis man skal gjennomføre for eksempel benkpress. I tillegg kan man kanskje tenke seg til at det kan finnes en prestasjonsgevinst på alle settene hvis man bruker aktiv hvile, kanskje ville resultatet på dette forsøket blitt helt annerledes om alle arbeidssettene var maksimalt antall repetisjoner under begge hvileformene, eller 10 repetisjoner.

Ønsker man å utvikle maksimal styrke er det viktig at man har så mye av uthvilt muskulatur klar til arbeid per løft som overhodet mulig. Da ønsker man kanskje ikke å bruke aktiv hvile siden man vil bruke enkelte muskelfibre i hvileperioden, man ønsker ikke å belaste noe muskulatur før løft gjennomføres. Laktatnivå ønskes å holdes lave siden trøtthet av muskulatur fører til forstyrrelser i det osmotiske trykket i muskulatur, som danner en hevelse som er sterkt korrelert med laktatnivå. Denne fiberhevelsen kan hindre toppprestasjoner og kan være avgjørende når man skal utvinne maksimal yteevne.

Ved trening for hypertrofi ønsker man å øke antallet kontraktile proteiner og størrelse på myofibriller per muskelfiber i tillegg til muskeltverrsnitt. Man ønsker altså kanskje å slite ut muskelfibre for å øke muskeltverrsnitt. Det tyder da på at aktiv hvile vil kunne bidra med utmattelse av muskelfibre, men vil kanskje jobbe mot seg selv med å ikke surne muskulatur tilstrekkelig. Okklusjon i hvileperioden vil stenge mye av blodstrømmen til muskulatur som gir dårlig tilgang på næringsstoffer og forsinket transportering av avfallstoffer. Dette vil gjøre at muskulaturen surner som vil ende opp i en akkumulering av laktat.

Et negativt segment kan være at sener og skjelett kanskje ikke klarer å henge med i de store belastningene som kan finne sted når man plutselig øker ytelsen med 27,87%. Kanskje vil disse elementene trenge en lengre restitusjonstid. Som tidligere nevnt må trening underveis tilpasses, spesielt hos nybegynnere. Hvis man går ut fra at aktiv hvile gir en gevinst med antall repetisjoner som fører til at flere muskelfibre avrives, må kanskje treningsvolum tilpasses ekstra nøye hos nybegynnere. Dette fordi man kanskje vil kunne oppleve muskelavrivninger, akutte betennelser eller avrivninger i sener fordi belastningen blir uhåndterbar for kroppen.

Kroppen vil fortsatt bruke av høyenergibåndene ATP og CrP for å gjennomføre muskelarbeid, som igjen vil føre til en produksjon av laktat. Dette taler for at EPOC vil bli større med aktiv hvile under selve økten. I tillegg vil kanskje ikke ATP og CrP lagrene bli fulladet i hvileperioden siden det kreves energi for å bevege seg på sykkelen, selv om disse lagrene bare tar noen minutter å etterfylle etter endt aktivitet. Siden kroppen stimuleres til å jobbe over hvilenivå igjennom hele økten ved aktiv hvile kan det tenkes at oksyngjelden kan bli større enn ved passiv hvile. Men siden aktivitetsnivå vil gjøre at pulsen holdes over hvilenivå og at blodstrøm til muskulatur holdes intensivert vil gi muskulatur mer effektiv tilgang til næringsstoffer i tillegg til å transportere avfallstoffer fra muskulatur.

Under styrketrening kommer EPOC som regel av omdannelsen av H1a til glykogen. Kandidatene jobber i denne settingen under anstrengende intensiteter som vil føre til en akkumulasjon av blodlaktat og en oksyngjeld som kan ta 24 timer å reetablere til normalnivå. Denne faktoren av EPOC kanskje vil være lengre etter endt trening ved passiv hvile, siden kroppen må jobbe mer i ettertid på grunn av økt mengde avfallsstoffer i tillegg til omformingen av H1a til glykogen. Gjennomføring av aktiv hvile viser lavere verdier av laktat enn ved passiv hvile.

Stimuleringen av metabolismen vil også finne sted siden vi med arbeidet og syklingen holder kroppstemperaturen forhøyet, en termisk effekt som kanskje kan lede til en større etterbrenningseffekt som varer lenge etter endt aktivitet.

Tidligere forskning:

Eksisterende forskning tyder på at aktiv hvile gir et positivt utslag på eliminasjonen av blodlaktat i tillegg til en prestasjonsgevinst (N. Gmada et. al, 2004; A. G. Toubekis et. al,

2008: J. D. Greenwood et. al, 2007), men også at det kan virke negativt på reetablering av glykogen i muskulatur (Fairchild et. al, 2003). Det er tenkt at økt hjerterytme og puls øker blodgjennomstrømning til muskler og til hjertet som er begge viktige plasser for laktatoksidering (Edith et. al, 1987). En årsak til dette kan være at blodstrøm intensiveres til aktiverende muskulatur og at inaktiv muskulatur nedprioriteres (Edith et. al, 1987). I en studie ble det oppdaget at alle typene restitusjon som brukte aktiv hvile hadde en større laktateliminering enn ved passiv hvile (Greenwood et al. 2007). Noe som har blitt diskutert er at laktat kanskje brukes for å utvinne energi i den aktive hvileperioden, mens med passiv hvile var det ikke behov for den samme mengden energi, noe som bidrar til en resyntetisering av glykogen (Daihyuk et. al, 1994). Det er sannsynlig at ved aktiv hvile blir større mengder av laktat sammen med noe glykogen i type I-fibre oksidert i tillegg til fett for å virke som drivstoff for energikravet type I fibre stiler (Bangsbo et. al, 1994). Noe forskning antyder at muskelglykogen resyntetiseres mer effektivt ved passiv hvile, men at aktiv hvile reduserer blodlaktatnivå raskere (Daihyuk et. al, 1994). Det diskuteres også at resyntetiseringen av glykogen ikke påvirkes i type II-muskel fibre, men i type I-fibre ved aktiv hvile (Fairchild et. al, 2003). Det har blitt påvist at aktiv hvile ved lav intensitet mer effektivt minimaliserer laktatakkumulering i forhold til passiv hvile og aktiv hvile med høy intensitet. Dataen støtter sterkt at elimineringen av laktat skjer ved bruk av aktiv hvile med lav intensitet etter intens styrketrening og er assosiert med forbedret prestasjon i øvelsen knebøy (Corder et. al, 2000).

Med tanke på mengde repetisjoner som skal gjennomføres over flere sett har noen forsøk vist at hvileperioder under 3 minutter kan føre til en signifikant reduksjon i prestasjon (Salles et. al, 2009). Noe forskning har også vist at 3 minutter ikke er nok til å vedlikeholde antallet repetisjoner, det samme gjelder 5 minutter hvile (Salles et. al, 2009). Det er blitt gjort mye forskning på lengden av hvileperiodene, og det er mye motsigende data. Det kan være mange forskjellige faktorer som er årsaken til dette, for eksempel i ett studie brukes der eliteutøvere mens i et annet forsøk brukes det normalt trente personer (Salles et. al, 2009). Et forsøk i benkpress med hvileperioder på 1, 3, 5 og 10 minutter viste at ved maksimal styrke (1RM) klarte kandidatene å gjennomføre det andre settet, uavhengig lengden på hvileperioden (Salles et. al, 2009). Skal man vedlikeholde antallet repetisjoner per sett over flere arbeidssett tyder det en nødvendighet på 3 til 5 minutter med hvile i mellom settene, mens en stimuli av veksthormoner kan finne sted ved hvile under 1 minutt. Samtidig tyder 1minutt hvile på å være nok for å gjennomføre 1RM (Salles et. al, 2009). Det har også blitt vist i et forsøk at

aktiv hvile med bruk av bein ikke slår ut på prestasjonen i benkpress, men at laktatnivå fortsatt holdes jevnt over lavere enn ved passiv hvile (Lopes et. al, 2014).

Øvrige svakheter:

Noen av svakhetene med dette forsøket er at utvalget er få kandidater (N=5). I tillegg til at kandidatene ikke har blitt overvåket i mellom de to forskjellige forsøkene, noe som gjør at studieleder ikke har oversikt over om kandidatene hadde like lange hvileperioder før forsøkene som de ble instruert til å ha. Dette påvirker den eksperimentelle kontrollen som påvirker eksperimentets indre validitet i form av en tredjevariabel. Kostholdet har heller ikke blitt regulert for noen av kandidatene, selv om de ble bedt om å spise likt seg selv på de forskjellige dagene med tester. Dagsform kan spille en rolle for mange når man trener styrke og dagsformen kan ha påvirket kandidatene forskjellig.

En variabel som kan være vanskelig å finne frem til er at det kan ha vært instrumentforandringer. Selv om det ble gjort kalibrering av laktatmåler, så må det tas høyde for feilkalibrering av Arkray Lactate Pro Blood Lactate Test Meter. Selv om utstyret ikke er så avansert vil der alltid finnes rom for menneskelig feil. Noe som gjør det vanskelig å fastslå hvor reliabel all data som har blitt registrert egentlig er.

I dette studiet har det ikke blitt brukt noen T-test eller noen ANOVA tester, slik at signifikansnivå per resultat ikke har blitt etablert, som igjen gjør at resultater ikke forteller oss noe i forhold til signifikans og representativitet i forhold til en tenkt populasjon (Johannessen et. al, 2010).

Fremtidig forskning:

I lys av de funn som har blitt gjort i dette studiet og de svakheter som har blitt nevnt, er det enkelte korrigeringer som kan gjennomføres og vurderes som relevant for videre å teste teori og resultater.

Dette eksperimentet har få kandidater (N=5), dette gjør at forsøket er preget av en lav statistisk power, så for videre studie av tema burde det vurderes å ha flere kandidater, i tillegg at utvalget kanskje inneholder både menn og kvinner. Dette vil gjøre at gruppen ikke blir så homogen som i dette studiet, pluss at representativiteten til populasjonen vil øke.

For forskning videre for hvilken hvileform som er den mest effektive på laktateliminering og prestasjonsøkning i knebøy er et spørsmål om resultatene hadde blitt de samme om intensiteten av arbeidsbelastningen (% 1RM), intensiteten i hvileperioden, hvileform som gjennomføres hadde blitt manipulert. I tillegg kan volum per arbeidssett bli manipulert og kanskje ville man fått helt andre resultater. Hvis hvileperioden hadde blitt forlenget ville data kanskje vist andre laktatmålinger. Det ble brukt ergometersykel i dette studiet for aktiv hvile, og ingen av kandidatene var syklist, så hvileformen var for disse kandidatene ikke veldig spesifikk. Det kan også spekuleres i hvilken effekt kandidatene ville fått av en hvile hvor ben og kropp ble holdt vertikalt med tanke på økt blodstrøm til quadriceps, som for eksempel på tredemølle. I tillegg vil det være vanskelig å finne en aktiv restitusjon som ikke er belastende på muskulatur på noe vis. Kanskje man også kan måle muskelaktivitet under hvile og arbeid med EMG-elektroder.

Kanskje vil et longitudinelt studie kunne fortelle noe om skadeforhold med tanke på belastningsskader under styrketrening med aktiv hvile.

En ide kan være å se hvilke effekter vil styrketrening vil gi på kroppen kombinert med aktiv restitusjon når man utfører det som kalles for høydetrening.

Det kan også kanskje sees på det psykologiske aspektet av restitusjonsfasen, eventuelt et spørreskjema for å få kandidatenes egne meninger om hvor sliten de føler seg og sammenligne. Svakheten er at dette blir veldig subjektivt.

En styrke i dette studiet er at kandidatene er sin egen kontroll, i tillegg til at rekkefølgen mellom passiv hvile og aktiv hvile ble randomisert for å unngå modning, siden kroppen påvirkes av all trening. Dette inkluderer selvfølgelig også aktivitet i testing.

Styrken med fingerpunktsmetoden i dette forsøket er at blodprøven bare forteller laktatnivå, som var hovedfokuset i designet. Blodprøven forteller oss ikke noe konkret om blodtilførsel til muskulatur ellers i kroppen eller hvilke muskelfibre som finnes i aktiverende muskulatur. Så for å få en forbedret forståelse og en mer komplett evaluering av hvordan kandidatenes energisystem, laktateliminering og blodgjennomstrømning påvirkes av aktiv og passiv hvile kan muskelbiopsi være et mer nøyaktig alternativ for å fortelle oss hva som skjer i muskulatur. Problemet med denne metoden er at man tar en del av muskulaturen, dette vil kreve lang restitusjonstid i tillegg til at man kanskje vil ha vanskeligheter for å finne frivillige

til et slikt eksperiment. Under frivillige er et annet punkt at de frivillige man får kanskje vil være mer enn gjennomsnittet interessert i forskningen, noe som kan bringe variabler med deg.

Konklusjon:

For å trekke en mer valid slutning i dette studiet er det mange tiltak som burde gjøres. Muskelbiopsi, kartlegging av metabolisme og en lengre treningsperioder er tiltak som kan implementeres for at den eksperimentelle kontrollen forsterkes.

Flertallet av studiene som har blitt gjennomført på aktiv hvile konkluderer med at det er fordelaktig å bruke aktiv hvile, eller kombinasjoner av hvileformer, i forhold til passiv hvile. Dette både på grunn av prestasjoner som blir oppnådd etter hvileperioden og med tanke på laktatnivå, som igjen har vist seg å være en faktor for prestasjon.

Funn gjort i dette studiet tyder på at aktiv hvile hjelper kroppen med å holde laktatelimineringen gjennomsnittlig mer effektiv igjennom treningsøkten enn ved passiv hvile. I tillegg ser det ut som at ved aktiv hvile holdes totalnivå (mmol/l) i gjennomsnitt høyere før pause enn ved passiv hvile, dette kan være som en konsekvens av økt aktivitetsnivå.

Resultatene tyder også på at det kan finnes en prosentmessig variasjon i ytelse mellom aktiv og passiv hvile i forhold til denne protokollen og antall repetisjoner. Om dette resultatet kan dras over på andre øvelser og andre protokoller kan man ikke si noe om.

Resultatene tyder på en forskjell, men å kunne forkaste H_0 og si at H_1 er en midlertidig sannhet kan vi ikke på grunn av mangelen på statistiske tester som gir oss signifikansnivå og dermed en representativitet til en tenkt populasjon (Johannessen et. al, 2010).

Annerkjennelser:

Jeg vil benytte denne muligheten til å takke alle kandidatene som meldte seg frivillig til dette studiet, og har brukt tiden sin på undersøkelsen slik at studiet kunne gjennomføres. Jeg vil også gi en takk til høgskolelektor Magne Johan Steiro, førsteamanuensis Stig Leirdal og høgskolelektor Knut Lyng Hansen for all veiledning under studieperioden. Jeg takker også Høgskolen i Nesna for å ha gitt meg muligheten til å låne- og bruke nødvendig utstyr og lokaler til å gjennomføre studiet.

Referanser:

1. Bakken Ulseth, A. (2003). Treningssentre og idrettslag. Konkurrerende eller supplerende tilbud? Institutt for samfunnsforskning. Oslo. Rapport:2.
2. Bangsbo, J., T. Graham, L. Johansen, and B. Saltin. (1994). Muscle lactate metabolism in recovery from intense exhaustive exercise: impact of light exercise. *J. App. Physiol.* 77:1890-1895.s
3. Binzen, C. A., Swan, P. D., & Manore, M. M. (2001). Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in women. [Research Support, Non-U.S.Gov't]. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6), 932-938.s
4. Burlison, M. A., Jr., O'Bryant, H. S., Stone, M. H., Collins, M. A., & Triplett-McBride, T. (1998). Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post exercise oxygen consumption. [Comparative Study]. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(4), 518-522.s
5. Corder, K. P., Potteiger, J. A., Nau, L. K., Figoni, S. F., Hershberger, S. L. (2000). Effects of Active and Passive Recovery Conditions on Blood Lactate, Rating of Perceived Exertion, and Performance During Resistance Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*: 14(2), 151-156.
6. Dahl, H. A. (2008). Mest om muskel. Essensiell muskelbiologi. Oslo: Cappelen Damm AS.
7. Daihyuk, C., Cole, K. J., Goodpaster, B. H., Fink, W. J., Costill, D. L. (1994). Effect of passive and active recovery on the resynthesis of muscle glycogen. *Official journal of the American College of Sports Medicine*.s
8. Donaldson, B. (1983). Effects of acidosis on maximum force generation of peeled mammalian skeletal muscle fibers. In: *International Series on Sport Sciences. Biochemistry of Exercise*, edited by H.G Knuttgen, J. A. Vogel, and J. Poortmans. Champaign, IL: Human Kinetics, Vol. 13, 126-133.s
9. Edith, M., Peters, F., Timothy. D., Noakes, R., Raine, I., Stephanus, E. T., (1987). Muscle glycogen repletion during active postexercise recovery. *Am. J. Physiology* 253 (Endocrinol. Metab. 16): E305-311.s
10. Enoksen, E., Tønnesen, E., Tjelta, L., (2007). *Styrketrening - i Individuelle idretter og ballspill*. Høyskoleforlaget AS, ISBN 978-82-7634-704-3.

11. Fairchild, T. J., Armstrong, A. A., Rao, A., Liu, H., Lawrence, S., and Fournier, P. A., (2003). Glycogen Synthesis in Muscle Fibers during Active Recovery from Intense Exercise. *med. Sci. Sports exerc.*, Vol. 35, No. 4, 595-602.
12. Fitts, R. H., (1994). Cellular Mechanisms of Muscle Fatigue. *Physiological Reviews* Vol. 74, No. 1, January 1994.
13. Frøyd, C., Madsen, Ø., Sæterdal, R., Tønnesen, E., Wisnes, A. R., Aasen S. B., (2011). *Utholdenhet - Trening som gir resultater*. Akilles forlag.
14. Gjerset, A., Svendsen, T.M., Enoksen, E., Winholdt, T., Vilberg, A., Major, J., Olsen, E., (1992) *Idrettens treningslære, Norges idrettshøgskole - Norges idrettsforbund, universitetsforlaget, ISBN: 82-00-03303-1*.
15. Gmada, N., Bouhlel, E. I., Mrizak, H. Debabi, M. BenJabrallah, Z. Tabka, Y. Fekiog M. Amri (2005). Effects of Combined Active Recovery from Supra maximal Exercise on Blood Lactate Disappearance in Trained and Untrained Man. *International Journal of Sports Medicine*.
16. Gollnick, P. D., Karlsson and Hermansen, L., (1973). Biochemical adaptations to exercise: anaerobic metabolism. In: *exercise and sports Sciences Reviews*, edited by J. H. Wilmore. New York: Academic, 1973, 1-43.
17. Greenwood, J. D., Edward Moses, G., Mark Bernardino, F., Gaesserog. G., Weltman, A. A. (2008) Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequence swimming performance. *Journal of Sports Sciences*.
18. Johannessen, A. Tufte, P. A, Christoffersen, L. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. 4 utgave. Abstrakt forlag.
19. Katch V.L, McArdle W.D, Katch F. L. (2011). *Essentials Exercise Physiology* (fourth edition). Lippincott Williams & Wilkins.
20. Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. K. (2012). *Physiology of Sports and Exercise* (Fifth edition ed.) Human Kinetics. US.
21. Kraemer, W. J. (1997). A series of studies: the physiological basis for strenght training in American football: fact over philiosophy. *J Strenght Con Res*; 11: 131-42.
22. Lopes, F. A. S., Panissa, G. L. V., Julio, F. U., Menegon, E. M., Franchini, E., (2014). The Effect of Active Recovery on Power Performance During the Bench Press Exercise. *Journal of Human Kinetics* Volume 40/2014, 161-169.
23. Lau, S., Berg, K., Latin, R. W., Noble, J., (2001) Comparison of active and passive recovery on blood lactate and subsequence performance on repeated work bouts in ice

- hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. National strength and Conditioning Association.
24. McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise Physiology Nutrition, energy and human performance*. (Seventh Edition ed.): Lippincott Williams & Wilkins.s
 25. Raastad et. al. 2010 - Raastad T, Paulsen G, Refsnes PE, Rønnestad BR, Wisnes AR (2010). *Styrketrening – i teori og praksis*, Gyldendal Norsk Forlag AS, 2. Edition, ISBN: 978-82-05-38219-0.
 26. Radcliffe, J. C, Farntinos, R. C., (2015). - *Plyometrics - High-Powered Plyometrics* Second edition. ISBN-13: 9781450498135.
 27. Ratamess, N. A., Faigenbaum, A. D., Hoffman, J. R., & Kang, J. (2008). Self-selected resistance training intensity in healthy women: the influence of a personal trainer. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*, 22(1), 103-111.
 28. Salles, B., Simão, R., Miranda, F., Novaes, J., Lemos, A. & Willardson, J., (2009). Rest Interval between Sets in Strenght Training. (Review) *Sports med* 2009: 39(9): 765-777.
 29. Sedlock, D. A., Fissinger, J. A., & Melby, C. L. (1989). Effect of exercise intensity and duration on postexercise energy expenditure. *Medicine and science in sports and exercise*, 21(6), 662-666.
 30. Spierer, D. K., Goldsmith, R., Baran, D. A., Hryniewicz, K., Katz, S. D., (2004) Effects of active vs. passive recovery on work performed during serial supramaximal exercise tests. *International journal of sports medicine* .
 31. Toubekis, A. G. Peyrebrune, M.C. Lakomyog H.K.A. Nevill, M.E. (2008) Effects of active and passive recovery on performance during repeated sprint swimming. *Journal of Sports Sciences*.
 32. Ulset, E., Undenheim, R., & Malterud, K. (2007). Er fedmeepidemien kommet til Norge? *Tidsskr. Nor. Lægeforen.*, 127(1), 34-37.
 33. Urdal, P., Brun, A., Og Åsberg, A., (2009). Maximal-intensity intermitted exercise: Effect of recovery duration. *Sports med*.
 34. Young W. B., (2006). *Transfer of Strength and Power Training to Sports Performance*, School of Human Movement and Sport Sciences, University of Ballarat, Australia, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1:74-83.

Vedlegg:

INFOSKRIV/SAMTYKKEERKLÆRING:

Forskningsstudie ved Høgskolen i Nesna - Idrettsseksjonen:

Dette skrivet brukes i denne forbindelsen for å gi kandidatens samtykke til deltagelse i et forskningsprosjekt ved Høgskolen i Nesna.

Hensikten med studiet er å se på forskjellige typer pause i mellom sett av knebøy. Kandidatene vil i forsøket kjøre forskjellige sett knebøy med forskjellige typer hvile.

Det vil bli foretatt 1 maksimaltest (1RM, hvor kandidaten finner ut sin maksimale kapasitet for å løfte i knebøy), 1x3 sett av 8 repetisjoner knebøy med passiv hvile og 1x3 sett av 8 repetisjoner knebøy med aktiv hvile. Ved begge forsøkene vil det til slutt gjennomføres et siste arbeidssett (nr. 4) hvor kandidatene skal gjennomføre maksimalt antall repetisjoner. I dette forsøket vil passiv hvile være å sitte i ro. Gjennomføringen av aktiv hvile er å sykle på ergometersykkel eller liknende uten motstand. Testene vil bli gjort på forskjellige dager med en total sum av 3 dager under arbeid, ikke regnet med hviledager i mellom testene. Testene vil kunne variere i varighet, men testene vil vare omtrent 40-50 minutter per gjennomgang.

Risiko:

Det finnes alltid en liten risiko for skade når man løfter vekter med høy belastning. Enkelte treningsbelastninger kan for enkelte føles ubehagelig. Ved knebøy kan det for eksempel være; Ryggskade, kneskade, muskeltretthet, utmattelse i tillegg til sjansen for følelse av melkesyre.

Hvis kandidaten har tidligere historikk med hjerte- karsykdommer, ryggskader, kneskader eller belastningsskader bør lege kontaktes i forkant for veiledning angående risiko.

Personvern:

All datainnsamling om kandidaten blir anonymisert. Ingen informasjon skal kunne føres tilbake til kandidaten. Informasjonen brukes i forbindelse med å dra eventuelle konklusjoner eller sammenhenger om studiet. Prosjektleder alene har oversikt over sensitiv data. Som deltager i denne undersøkelsen har du rett til enhver tid å se resultatene av undersøkelsen som omhandler deg selv, inkludert hvordan den behandles i etterkant.

All data som kan individualisere kandidater må slettes 6 måneder etter endt studie.

Deltagelse i undersøkelsen er frivillig. Det er viktig å understreke at deltagere kan trekke seg i undersøkelsen, når som helst, uten å måtte oppgi årsak eller få oppfølgingsspørsmål.

Før studiet starter ønskes det at du signerer denne samtykkeerklæringen som viser at du har lest og forstått dette infoskrivet.

I denne undersøkelsen er kandidat 51013 ansvarlig for undersøkelsen. Hovedansvarlig er Magne Steiro ved Høgskolen i Nesna.

Jeg, _____ har lest og forstått informasjonen i skrivet over, jeg er klar over mine rettigheter som deltager og gir mitt samtykke til å delta i dette studiet.

Dato: _____ Signatur kandidat: _____

Dato: _____ Signatur ansvarlig: _____

Dato: _____ Signatur hovedansvarlig: _____