



Høgskulen på Vestlandet

Bacheloroppgave

BFY330-O-2021-VÅR-FLOWassign

Predefinert informasjon

Startdato:	07-05-2021 09:00	Termin:	2021 VÅR
Sluttdato:	14-05-2021 14:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Bacheloroppgave		
Flowkode:	203 BFY330 1 O 2021 VÅR		
Intern sensor:	(Anonymisert)		

Deltaker

Kandidatnr.:	352
---------------------	-----

Informasjon fra deltaker

Antall ord *:	7921
----------------------	------

Egenerklæring *: Ja
Jeg bekrefter at jeg har ja registrert oppgavetittelen på norsk og engelsk i StudentWeb og vet at denne vil stå på vitnemålet mitt *:

Gruppe

Gruppenavn: (Anonymisert)
Gruppenummer: 14
Andre medlemmer i gruppen: 332

Jeg godkjenner autalen om publisering av bacheloroppgaven min *

Ja

Er bacheloroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? *

Nei

Er bacheloroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? *

Nei

BACHELOROPPGAVE

Testing av maksimalt oksygenopptak på unge voksne; en sammenligning av to måleinstrumenter ved VO_2 -maksmåling på tredemølle

Testing of maximal oxygen uptake in young adults; a comparison of two measuring devices when measuring VO_2 -max on a treadmill

Kandidatnummer 352 & 332

Bachelor i Fysioterapi

Fakultet for helse- og sosialvitenskap/Institutt for helse og funksjon

Innleveringsdato: 14.05.2021

Antall ord: 7921

FORORD

Arbeidet med denne bacheloroppgaven har vært en spennende og lærerik prosess. Vi har investert mye tid i opplæring, øving, innsamling av data, analyser og utformingen av den skriftlige oppgaven. Det å få gjennomføre et praktisk prosjekt har vært en betydningsfull erfaring, og vi håper og tror at denne kunnskapen er noe vi kan ta med oss videre og benytte i fremtidig arbeid og utvikling.

Vi er særlig glade og lettet over at vi har hatt muligheten til å gjennomføre prosjektet i sin helhet, om enn med noen endringer og utfordringer, til tross for korona-situasjonen i samfunnet. Vi takker HVL for at de stolte på at vi tok hensyn til smittevern.

Vi sender en varm takk til personene som tok seg tid til å delta i studien. Uten deres frivillige anstrengelse, hadde vi ikke kommet noen vei. Vi vil også takke våre kjære familiemedlemmer som var prøvekaniner i opplæringsarbeidet.

Vår veileder fortjener også en stor takk for å ha veiledet oss gjennom prosjektet, svart på spørsmål og ikke minst sluppet oss til i idrettslaben og rehabilablen. Vi retter også stor takknemlighet til en god hjelper som har brukt av sin dyrebare tid på å lære oss opp i bruk av testutstyret, og tatt telefonen og svart på epost i tide og utide når vi har stått i vår nød.

Sist, men ikke minst, vil vi takke hverandre for et godt samarbeid, fleksibilitet, godt humør til tross for strevsomme dager, og tålmodighet mot hverandre.

ABSTRAKT

Kandidatnummer: 352 og 332

Tittel: Testing av maksimalt oksygenopptak på unge voksne; en sammenligning av to måleinstrumenter ved VO_2 -maksmåling på tredemølle.

Bakgrunn: Testing av maksimalt oksygenopptak (VO_2 -maks) brukes blant annet til å kartlegge fysisk form, arbeidskapasitet, pulmonal og kardiovaskulær helse hos pasienter og idrettsutøvere. Testresultat brukes for å tilrettelegge og måle effekt av behandlings- og treningsopplegg. Ved Haukeland Universitetssjukehus og Høgskulen på Vestlandet benyttes måleinstrumentene Oxycon Pro og Vyntus CPX. Det er ønskelig fra disse aktørene å validere Vyntus CPX opp mot Oxycon Pro.

Problemstilling: Måler Vyntus CPX like verdier for maksimalt oksygenopptak og ventilatoriske parametere som Oxycon Pro ved VO_2 -maks testing på tredemølle?

Metode: Prosjektet gjøres som en metodesammenligningsstudie med overkrysningsdesign. Deltagerne gjennomfører test for maksimalt oksygenopptak på tredemølle på begge måleinstrumentene. Verdier for oksygenopptak (VO_2), ekspiratorisk minuttvolum ($V'E$), respiratory exchange ratio (RER) og hjertefrekvens (HF) blir registrert og sammenlignet.

Resultat: Vyntus CPX målte lavere verdier for oksygenopptak enn Oxycon Pro, med en gjennomsnittlig differanse på omtrent -15% ved alle utvalgte analysetidspunkt. Vyntus CPX målte også lavere minuttventilasjon ($V'E$), samt høyere RER, men disse verdiene var ikke gjennomgående statistisk signifikante og varierte i differanse. Hjertefrekvensen viste like verdier på begge testene.

Konklusjon: Studien vår viser at Vyntus CPX målte lavere verdier for maksimalt oksygenopptak (VO_2 -maks) og minuttventilasjon ($V'E$), og høyere RER, sammenlignet med Oxycon Pro ved VO_2 -maks testing på tredemølle. Verdiene fra Vyntus CPX er derfor ikke valide i sammenligning med Oxycon Pro. Videre forskning er nødvendig for å se om resultatene blir de samme i et større testutvalg og med mer erfarne testledere.

ABSTRACT

Candidate number: 352 and 332

Title: Testing of maximal oxygen uptake in young adults; a comparison of two measuring devices when measuring VO_2 -max on a treadmill.

Background: Measuring of maximal oxygen uptake (VO_2 -max) is used to examine physical capacity, pulmonary and cardiovascular health in patients and athletes. Results are used to adapt and measure effects of treatment and exercise programs. The measuring devices Oxycon Pro and Vyntus CPX are used at Haukeland University Hospital and Western Norway University of Applied Sciences. These institutions want to validate Vyntus CPX against Oxycon Pro.

Clinical question: Does Vyntus CPX measure similar values for maximal oxygen uptake and other ventilatory parameters as Oxycon Pro when measuring VO_2 -max on a treadmill?

Method: This study uses a crossover method comparison study design. The participants complete two VO_2 -max tests on a treadmill, on both measuring devices. Values for oxygen uptake, minute ventilation ($V'E$) and respiratory exchange ratio (RER) and heart rate (HF) are measured and compared.

Result: Vyntus CPX measured lower values for oxygen uptake than Oxycon Pro, with a difference of about -15% at all chosen points of analysis. Vyntus CPX also measured lower minute ventilation ($V'E$), as well as higher RER, but these values were not statistically significant throughout and they varied in difference. Heart rate measures showed equal values at both tests.

Conclusion: This study shows that Vyntus CPX measured lower values for maximal oxygen uptake (VO_2 -max) and minute ventilation ($V'E$), as well as higher RER, compared to Oxycon Pro when measuring VO_2 -max on a treadmill. The values from Vyntus CPX are not valid compared to Oxycon Pro. Further research is necessary to see if a larger study population and more experienced test leaders produce the same results.

Forkortelser

BF: Respirasjonsfrekvens

BMI: Kroppsmasseindeks

CO₂: Karbondioksid

CPET: Kardiopulmonal belastningsstest

DVT: Digital volume transducer

FEV1: Forsert ekspiratorisk volum første sekund

FEV1/FVC ratio: Forholdet mellom FEV1 og FVC

FVC: Vitalkapasitet

HF: Hjerterefrekvens

HUS: Haukeland Universitetssjukehus

HVL: Høgskulen på Vestlandet

O₂: Oksygen

PeakVO₂: Høyeste VO₂-verdi registrert ved VO₂-makstest dersom VO₂-platå ikke er nådd

RER: Respiratorisk utvekslingsratio

SD: Standardavvik

TV: Tidalvolum

V'E: Ekspiratorisk minuttvolum

VO₂: Volum av oksygenopptak

VCO₂: Volum av karbondioksid

VO₂maks: Maksimalt oksygenopptak

V_Tex: Ekspiratorisk tidalvolum

Innholdsfortegnelse

FORORD.....	1
ABSTRAKT.....	2
ABSTRACT.....	3
Forkortelser	4
1.0 Introduksjon	10
1.1 Innledning.....	10
1.2 Bakgrunn for valg av tema.....	10
1.3 Hensikt og problemstilling.....	11
1.4 Perspektiv og vitenskapsteoretisk forankring.....	12
2.0 Teoretisk forankring	12
2.1 Arbeid.....	12
2.2 Maksimalt oksygenopptak.....	12
2.2.1 Beregning av oksygenopptak	13
2.3 Kardiopulmonal belastningstest	13
2.3.1 VO ₂ -platå og PeakVO ₂	14
2.3.2 Kriterier for godkjent VO ₂ -makstest ved Olympiatoppen	14
2.4 Energifrigjøring.....	15
2.4.1 Respiratory Exchange Ratio.....	15
2.5 Mulige begrensinger for maksimalt oksygenopptak	15
2.5.1 Oksygendiffusjon i lungene	16
2.5.2 Blodets transportkapasitet.....	16
2.5.3 Hjertets pumpeevne	16
2.5.4 Skjelettmuskulaturens evne til nyttiggjørelse av oksygen.....	16
2.6 Redusert oksygenopptak	17
2.7 Lungeventilasjon.....	17
2.7.1 Spirometri	18
2.8 Måleinstrumentene Oxycon Pro og Vyntus CPX.....	18
2.8.1 Pust-til-pust og miksekammer	19
2.9 Tidligere forskning på måleinstrumentene.....	19
2.10 Metodeteori	20
2.10.1 Reliabilitet og validitet	20

2.11 Reliabilitet og validitet knyttet til måleinstrumenter	20
3.0 Metode	21
3.1 Forskningsdesign	21
3.2 Testutvalg	21
3.2.1 Inklusjons- og eksklusjonskriterier	21
3.3 Etske retningslinjer	22
3.4 Organisering	22
3.5 Balansert fordeling av utvalget.....	22
3.6 Standardisering av utenforliggende faktorer	23
3.7 Målemetoder, testutstyr og protokoll.....	23
3.7.1 Vyntus CPX	24
3.7.2 Oxycon Pro	24
3.7.3 Feilmarginer for Vyntus CPX og Oxycon Pro.....	24
3.7.4 Spirometri	24
3.7.5 Hjerterefrekvens.....	25
3.7.6 Modifisert Bruce-protokoll.....	25
3.8 Beskrivelse av testgjennomføringen.....	25
3.9 Smittevern	26
3.10 Analyse av datamaterialet	26
4.0 Resultater	27
4.1 Testutvalg	27
4.1.1 Demografisk data	28
4.2 Resultater spirometri.....	28
4.3 Resultater fra VO ₂ -makstesten	29
4.3.1 Maksimalt oksygenopptak	29
4.3.2 Sammenligning av måleinstrumentene på justert arbeidsbelastning.....	30
5.0 Diskusjon	36
5.1 Resultatdiskusjon.....	36
5.1.1 Oksygenopptak.....	36
5.1.2 Minuttventilasjon	36
5.1.3 Respiratory exchange ratio	37
5.1.4 Hjerterefrekvens.....	37
5.1.5 Tredemøllene	38
5.1.6 Kalibrering	38
5.1.7 Aspekter ved kriterievaliditet.....	38
5.2 Metodediskusjon.....	39

5.2.1 Evaluering av metodevalg	39
5.2.2 Reliabilitet	39
5.2.3 Intern validitet.....	40
5.2.4 Ekstern validitet	42
5.2.5 Dataanalysen.....	42
5.3 Klinisk relevans	42
5.4 Videre fagutvikling.....	43
6.0 Konklusjon	43
7.0 Referanser	45
7.1 Bildereferanser	50
8.0 Vedlegg	51
8.1 Vedlegg 1: Informasjon til deltagerne	51
8.2 Vedlegg 2: Samtykkeerklæring	54
8.3 Vedlegg 3: Test av normalfordeling.....	57

Oversikt over figurer og tabeller

Figurer

Figur 1: Fremstilling av Oxycon Pro.....	s.18
Figur 2: Fremstilling av Vyntus CPX.....	s.18
Figur 3: Flytskjema for inkluderte og ekskluderte personer.....	s.27
Figur 4: Bland-Altman-plot for oksygenopptak.....	s.31
Figur 5: Oksygenopptak ved ulike belastninger.....	s.34
Figur 6: Minuttventilasjon ved ulike belastninger.....	s.34
Figur 7: RER ved ulike belastninger.....	s.35
Figur 8: Hjerterefrekvens ved ulike belastninger.....	s.35
Figur 9: Shapiro-Wilk-test (vedlegg 3).....	s.57
Figur 10: Q-Q-plot (vedlegg 3).....	s.57

Tabeller

Tabell 1: Gjennomsnittlige verdier for VO ₂ -maks for ulike aldersgrupper.....	s.13
Tabell 2: Demografisk data som beskriver testutvalget.....	s.28
Tabell 3: Resultater fra spirometritestene.....	s.28

Tabell 4: Maksimale verdier for oksygenopptak, minuttventilasjon, RER og hjertefrekvens.....	s.29
Tabell 5: Verdier for oksygenopptak, minuttventilasjon, RER og hjertefrekvens ved justert belastning.....	s.30
Tabell 6: Verdier for oksygenopptak, minuttventilasjon, RER og hjertefrekvens ved 3,3 km/t og 11% stigning.....	s.32
Tabell 7: Verdier for oksygenopptak, minuttventilasjon, RER og hjertefrekvens ved 6,7 km/t og 16% stigning.....	s.32
Tabell 8: Verdier for oksygenopptak, minuttventilasjon, RER og hjertefrekvens ved 8 km/t og 18% stigning.....	s.33

1.0 Introduksjon

1.1 Innledning

VO₂-maks er et mål på den maksimale mengde oksygen kroppen kan ta opp og benytte seg av i en gitt aktivitet ved maksimal fysisk anstrengelse (Frøyd et al., 2008). I et helseperspektiv har høyt maksimalt oksygenopptak (VO₂-maks) en sentral rolle, da det gir en pekepinn på kardiorespiratorisk form (Chodzko-Zajko et al., 2009; Ekelund et al., 1988). Lave nivåer av kardiorespiratorisk form er assosiert med høyere risiko for tidlig død av alle årsaker, og spesielt kardiopulmonal sykdom (Blair et al., 1989; Gulati et al., 2003; Paffenbarger et al., 1993).

Måling av VO₂-maks gjøres ved en kardiopulmonal belastningstest (CPET). CPET blir blant annet benyttet for diagnostikk og vurdering av progresjon hos pasienter med hjerte-kar-sykdommer, lungelidelser og overvekt. Dette er pasientgrupper som fysioterapeuter ofte møter i sin arbeidshverdag. Ved Haukeland Universitetssjukehus (HUS) er det oftest fysioterapeuter som gjennomfører kardiopulmonal belastningstest på pasienter. VO₂-maks er et svært relevant mål for å vurdere fysisk funksjon og effekt av fysioterapeutiske rehabiliteringstiltak. I tillegg til klinisk praksis, anvendes testing av maksimalt oksygenopptak i forskning ved HUS og Høgskulen på Vestlandet (HVL). Tidligere har HUS brukt måleinstrumentet Oxycon Pro, men nylig har de tatt i bruk et nytt måleinstrument kalt Vyntus CPX. På HVL benyttes både Oxycon Pro og Vyntus CPX i forskningssammenheng og ved testing av idrettsutøvere. Det er ønskelig fra disse aktørene å undersøke om Oxycon Pro og Vyntus CPX måler like verdier ved arbeid. Som fagutøvere må vi kritisk vurdere om resultatene fra måleinstrumentene vi benytter er reliable, anvendbare og overførbare til vår fysioterapipraksis (Jamtvedt et al., 2015). Det er derfor viktig å ha kjennskap til eventuelle systematiske feilmålinger ved Oxycon Pro eller Vyntus CPX. Dette som ledd i valideringen av måleinstrumentene.

1.2 Bakgrunn for valg av tema

Vi som skriver denne bacheloroppgaven har gjennom studieforløpet interessert oss for fysisk aktivitet som behandlingstiltak, samt økt forståelsen for hvordan generell fysisk aktivitet kan

øke ressursene hos et menneske. En viss fysisk form og arbeidskapasitet må være på plass for å fungere i dagliglivet. Personlig dras vi mot prestasjoner i treningsarbeidet vårt. Jevnlige tester er til stor hjelp for vurderingen av progresjon, og danner grunnlaget for videre treningsplanlegging. Om testmetodene vi bruker ikke er forskningsbaserte og kvalitetssikret, kan vi ikke være trygge på at resultatet gjenspeiler virkeligheten.

Da HUS og HVL ønsket en kvalitetssikring av to ulike måleinstrumenter for maksimalt oksygenopptak, vekket det vår interesse. Gjennom arbeidet med bacheloroppgaven ønsket vi å være en del av et samarbeidsmiljø mellom klinikere i helsetjenesten og forskningsmiljøet. I tillegg ville vi øke vår kompetanse i å innhente, analysere og fremstille data på en systematisk måte.

1.3 Hensikt og problemstilling

HUS og HVL mistenker at Vyntus CPX måler lavere verdier enn Oxycon Pro ved VO_2 -maksesting. På sykehuset blir pasienter testet over mange år, og resultater over tid sammenlignes for å se på trender eller effekt av tiltak. For pasienter kan mangel på kvalitetssikring ha store konsekvenser, da sykdomsbilde og behandling ofte blir vurdert ut fra testresultater. Det er viktig å få kjennskap til eventuelle systematiske feilmålinger ved Oxycon Pro og Vyntus CPX for å sikre trygghet og kvalitet i pasientbehandling.

Hensikten med prosjektet er å sammenligne målinger gjort ved CPET på tredemølle med to ulike måleinstrumenter; Oxycon Pro og Vyntus CPX. Oxycon Pro ved HVL er nylig validert av Olympiatoppen Norge ved hjelp av biologiske kontroller. I denne studien ønsker vi å validere Vyntus CPX opp mot det nylig validerte Oxycon Pro. Vi ønsker å se om måleinstrumentene måler signifikant like VO_2 -maksverdier, samt parametere som ekspiratorisk minuttvolum ($V'E$) og respiratory exchange ratio (RER).

Problemstilling:

Måler Vyntus CPX like verdier for maksimalt oksygenopptak og ventilatoriske parametere som Oxycon Pro ved VO_2 -maksesting på tredemølle?

1.4 Perspektiv og vitenskapsteoretisk forankring

Helseforskning omhandler et vidt spekter av kunnskap som er viktig for menneskers helse (Drageset & Ellingsen, 2009), og valg av perspektiv er bestemmende for hvilket blikk og oppmerksomhet vi velger når vi skal belyse et fenomen (Thornquist, 2018, s. 259). I helseforskning må det bygges bro mellom den naturvitenskapelige tilnæringsmåten og hermeneutikken. Begge disse vitenskapelige tilnærmingene er viktige for kunnskapsutvikling, og for at helseprofesjonene skal kunne hjelpe mennesker på best mulig måte. I vårt tilfelle hadde det vært interessant å undersøke subjektive perspektiver og korrelasjoner ved maksimalt oksygenopptak og livskvalitet. På grunn av oppgavens omfang og etterspørsel, vil denne studien benytte kvantitativ metode og fokuset ligger på de objektive svarene ved testing av maksimalt oksygenopptak. Denne studien er derfor forankret i den naturvitenskapelige metodikken, inspirert av en empirisk og positivistisk tankegang (Thomassen, 2006, s 44).

2.0 Teoretisk forankring

2.1 Arbeid

Enhver aktivitet utover hvile vil øke energiomsetningen (Bahr, 2020). Omdanningen av kjemisk energi til mekanisk energi kalles i fysiologien for arbeid (Hauge, 2019). Under arbeid kan blodtilførselen, og dermed oksygentilførselen, til muskulaturen mangedobles (Sand et al., 2014, s. 348).

2.2 Maksimalt oksygenopptak

VO₂-maks er målet på maksimal mengde oksygen kroppen kan ta opp og benytte seg av i en gitt aktivitet ved maksimal fysisk anstrengelse, og er dermed et mål på den aerobe arbeidskapasiteten en person har (Frøyd et al., 2008). VO₂-maks er en svært god uavhengig variabel for å definere helsestatus (Levine, 2008), og er akseptert som det beste målet på funksjonell begrensning av det kardiovaskulære system (Potteiger et al., 2011). Maksimalt oksygenopptak er i stor grad avhengig av alder, kjønn, kroppssammensetning, aktivitetsnivå, arv og miljø (McArdle et al., 2015, s. 214)

Oksygenopptak blir oftest oppgitt i milliliter oksygen per minutt per kilo kroppsvekt ($\text{mL} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) (McArdle et al., 2015, s. 178). Helseundersøkelsen i Nord-Trøndelag (HUNT) har samlet referansemateriale og funnet gjennomsnittsverdier for oksygenopptak i ulike aldre (Loe et al., 2013). Disse referansetallene er presentert i tabell 1.

Tabell 1: Gjennomsnittlige verdier for VO_2 -maks for ulike aldersgrupper.

Alder	Kvinner	Menn
20-29 år	43	54
30-39 år	40	49
40-49 år	38	47
50-59 år	34	42
60-69 år	31	39
Over 70 år	27	34

VO_2 -maks oppgitt i $\text{mL} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$. Hentet fra Kondisjonstall og helse – HUNT3 Fitness-studien.

(NTNU, u.å.)

2.2.1 Beregning av oksygenopptak

Formelen for oksygenopptak er definert ved Ficks ligning: $\text{VO}_2 = Q \times (\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2)$. Q = hjertets minuttvolum, og $\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2$ = den arteriovenøse oksygendifferansen (Kenney et al., 2019). Hjertets minuttvolum regnes ut ved å multiplisere hjertets slagfrekvens og slagvolum (Sand et al., 2014, s. 394). Den arteriovenøse oksygendifferansen er forskjellen i mengde oksygen i blodet i arteriene, i forhold til blodet i venene, og er dermed et mål på hvor mye oksygen som har blitt tatt opp i vevet (McArdle et al., 2015, s. 267). Når målingene blir gjort ved maksimal anstrengelse, er VO_2 -maks = $Q \times (\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2)$ formelen for maksimalt oksygenopptak (VO_2 -maks) (Albouaini et al., 2007).

2.3 Kardiopulmonal belastningstest

VO_2 -maks blir målt ved en kardiopulmonal belastningstest (CPET). En CPET er en undersøkelse av fysiologisk respons under fysisk anstrengende aktivitet (Arnesen, 2020). Testen er non-invasiv og anvendes innen flere medisinske felt, for kartlegging, rehabilitering, diagnostisering og oppfølging (Vyair Medical, 2019). Testen brukes blant annet på personer med symptomer på lidelser eller sykdom i sirkulasjonssystemet og/eller

respirasjonssystemet (Cooper & Storer, 2001). CPET blir også benyttet av mosjonister og idrettsutøvere (Zinner et al., 2015). Det vanligste er å utføre CPET på ergometersykel eller tredemølle. Under testen blir det brukt en maske eller munnstykke som måler oksygeninnholdet i innåndings- og utåndingsluften, samt ventilasjonsfaktorer som ventilasjonsfrekvens og -volum (Albouaini et al., 2007).

CPET er ifølge Albouaini et al. (2007) kontraindisert ved tilstander som ustabil angina, ukontrollert astma, lungeødem, respirasjonssvikt og synkope. Når maksimale belastningstester er kontraindisert eller ikke gjennomførbart, kan submaksimale tester benyttes. For fysioterapeuter kan submaksimale tester være mer anvendbart i klinisk arbeid (Noonan & Dean, 2000).

2.3.1 VO_2 -platå og Peak VO_2

For å få reelle verdier av en CPET, må testen ha høy nok intensitet og lang nok varighet til at maksimale verdier blir nådd (Albouaini et al., 2007). Friske personer når vanligvis et VO_2 -platå når de nærmer seg maksimal anstrengelse. Når testpersonen oppnår dette platået, vil ikke oksygenopptaket øke videre selv om arbeidsintensiteten øker, og maksimalt oksygenopptak er nådd (McArdle et al., 2015, s. 236–237). Dersom testpersonen ikke når VO_2 -platået, blir den høyest registrerte verdien (Peak VO_2) brukt som estimat for VO_2 -maks. Dette er ofte aktuelt ved klinisk testing av pasienter, da symptomer som dyspné, takykardi, hodepine og svimmelhet kan oppstå før personen når et VO_2 -platå (Albouaini et al., 2007).

2.3.2 Kriterier for godkjent VO_2 -makstest ved Olympiatoppen

Olympiatoppen har i tillegg til VO_2 -platå andre kriterier for å konkludere med godkjent test. Disse kriteriene brukes for å være sikre på at VO_2 -maks er nådd. Testen blir godkjent når to av fire følgende kriterier er nådd: Platå i VO_2 , ventilasjonsøkning på tross av utflating av VO_2 -verdi, RER over 1,1/1,05 og laktatverdi over 8mmol (Tønnesen et al., u.å.). Ventilasjonen blir målt og oppgitt i liter luft pustet inn og ut per minutt, kalt minuttventilasjon ($V'E$) (McArdle et al., 2015, s. 257).

2.4 Energifrigjøring

Det maksimale oksygenopptaket setter den øvre grensen for evnen til aerob energifrigjøring (Jones & Carter, 2000). Energien som frigjøres for å skape bevegelse kan komme fra ulike prosesser. Intensiteten og varigheten på den fysiske aktiviteten avgjør hvor stor prosentandel av energien muskelcellene får fra de ulike prosessene. Aerob energifrigjøring er betegnelsen som brukes når kroppen produserer energi ved hjelp av oksygen tilført via blodet fra lungene, mens ved anaerob energifrigjøring produserer kroppen energi uten forbruk av oksygen (McArdle et al., 2015, s. 174–175). På slutten av en kardiopulmonal belastningstest kan ikke den aerobe energifrigjøringen alene tilføre energien som trengs for den økende belastningen. Bidraget fra den anaerobe metabolismen blir betydelig og laktatnivået vil øke (Wasserman, 1987).

2.4.1 Respiratory Exchange Ratio

Respiratory exchange ratio (RER) er et tall på forholdet mellom mengden CO₂ produsert i kroppen, og mengden O₂ konsumert. Tallet gir dermed en indikator på fordeling av energikilder kroppen benytter seg av (McArdle et al., 2015, s. 208). Siden energifrigjøring fra fett produserer mindre CO₂ relativt til O₂ benyttet, vil RER bli lavere ved hvile eller arbeid der energien i større grad kommer fra fett. Dersom kroppen benytter seg av relativt mer karbohydrat som energikilde, vil RER bli høyere. Kommer RER over 1 er det en indikasjon på at kroppen frigjør mye energi anaerobt. RER er derfor en god indikator på intensiteten av arbeidet en person gjør (Cooper & Storer, 2001). RER måles i innåndings- og utåndingsluft, og en bruker tallet med forutsetningen at CO₂ og O₂ i innåndings- og utåndingsluften tilsvarer forholdet O₂ benyttet og CO₂ produsert i cellene (McArdle et al., 2015, s. 210). Det er likevel flere faktorer som kan påvirke utvekslingen av oksygen og karbondioksid i lungene. Et eksempel er hyperventilering (McArdle et al., 2015, s. 210).

2.5 Mulige begrensinger for maksimalt oksygenopptak

Det er flere faktorer som kan begrense en persons maksimale oksygenopptak. Oksygendiffusjonen i lungene, blodets transportkapasitet og hjertets pumpeevne blir definert som sentrale faktorer, mens musklens evne til å nyttiggjøre seg av oksygenet er en perifer faktor (Bassett & Howley, 2000).

2.5.1 Oksygendiffusjon i lungene

Kroppen tar opp oksygen fra innåndingsluften via gassutvekslingen mellom lungealveolene og kapillærene i lungene (Skjønberg, 2020). Lungesykdommer som emfysem og fibrose kan gi redusert diffusjonskapasitet i alveolene (Skjønberg, 2019).

2.5.2 Blodets transportkapasitet

Oksygen transporteres av røde blodceller (erytrocytter) ved hjelp av hemoglobin (Sand et al., 2014, s. 448). Et menneskes ernæringsstatus påvirker erytrocyttenes hemoglobinnhold. Særs viktig for normal erytrocyttfunksjon er inntaket av jern, vitamin B12 og folinsyre (Sand et al., 2014, s. 452–453). Regelmessig utholdenhetstrening kan føre til økt erytrocyttproduksjon og økt blodvolum, som bedrer blodets transportkapasitet (Sawka et al., 2000).

2.5.3 Hjertets pumpeevne

I følge Basset og Howley (2000) er det estimert at 70-85% av begrensningene for oksygenopptak er koblet til hjertets pumpeevne. Hjertets minuttvolum blir større ved at slagfrekvens og/eller slagvolum økes, og dette skjer akutt ved fysisk anstrengelse. Utholdenhetstrening over tid vil føre til økt slagvolum, også i hvile (Sand et al., 2014, s. 394–396). Det gjør at hjertets minuttvolum blir større på lavere hjertefrekvens, og denne økningen i slagvolum forbedrer individets kapasitet til å sirkulere oksygen (McArdle et al., 2015, s. 311).

2.5.4 Skjelettmuskulaturens evne til nyttiggjørelse av oksygen

Også skjelettmuskulaturens evne til å ta opp oksygenet fra blodet og nyttiggjøre seg av det, er en faktor som kan begrense maksimalt oksygenopptak (Bassett & Howley, 2000). Ved utholdenhetstrening over tid blir kapillærnettverket rundt muskelfibrene tettere. Dette fører til at muskelfibrene får bedre tilgang til, og tar opp, mer oksygen. Den arterio-venøse differansen blir dermed større. Utholdenhetstrening fører også til at muskelfibrene blant annet får flere mitokondrier som gir økt mulighet til å benytte oksygenet til energifrigjøring (Sand et al., 2014, s. 348).

2.6 Redusert oksygenopptak

VO₂-maks er hovedsakelig relatert til ytelse og prestasjon hos idrettsutøvere og aktive mosjonister, men hos pasienter forbinder man derimot VO₂-maks med funksjonell kapasitet og grad av livskvalitet (Cooper & Storer, 2001). Risiko for tidlig død øker med lave nivåer av kardiorespiratorisk form, mens øket kardiorespiratorisk form er assosiert med reduksjon av død av alle årsaker (Blair et al., 1989; Gulati et al., 2003; Kodama et al., 2009; Paffenbarger et al., 1993).

Reduksjon i VO₂-maks kan være forårsaket av sykdom som påvirker muskelfunksjon eller organer som transporterer oksygen og karbondioksid mellom atmosfæren og muskelcellen (Wasserman et al., 2005). Hjerne- og lungepasienter, personer med type 1 diabetes, premature barn og kreftpasienter er eksempler på pasientgrupper med redusert arbeidskapasitet (Alahmari et al., 2016; Gusso et al., 2012; Jones et al., 2011; Smith et al., 2008). Årsakene til den reduserte arbeidskapasiteten kan være komplekse. Ved hjertesvikt skyldes det blant annet endringer i systolisk og diastolisk funksjon (Miyashita et al., 2001), høyere lungearterietrykk, endret pulsrespons ved arbeid, entodel dysfunksjon (Drexler, 1991; Sullivan et al., 1989; Zelis et al., 1974), og høyere systemisk vaskulær motstand (Myers, 2008). Faktorer i skjelettmuskulaturen har også en stor betydning for den reduserte arbeidskapasiteten hos hjertesviktpasienter (Adams et al., 2008; Clark et al., 1996).

2.7 Lungeventilasjon

Lungeventilasjonen er evnen til å fylle og tømme lungene for luft (McArdle et al., 2015, s. 254). Personer med restriktive eller obstruktive lungelidelser kan få ventilatorisk betinget nedsatt arbeidskapasitet. Det har lenge vært tenkt at ventilasjonen ikke er en begrensning for maksimalt oksygenopptak hos friske personer (Cooper & Storer, 2001). En studie fra HUNT-undersøkelsen fant derimot korrelasjon mellom lungefunksjon og maksimalt oksygenopptak, også hos friske. Dess bedre lungefunksjon, dess bedre VO₂-maks (Rasch-Halvorsen et al., 2019).

2.7.1 Spirometri

Spirometri er betegnelsen på en lungefunksjonsundersøkelse som måler volum og hastighet av luft (Arnesen, 2020). Undersøkelsen gjennomføres ved at en person gjør en maksimal inspirasjon, for så å gjøre maksimal ekspirasjon så hurtig som mulig. Spirometriapparatet måler variabler som forsert vitalkapasitet (FVC) og forsert ekspiratorisk volum første sekund (FEV1). FVC er mengden luft som pustes ut av lungene med forsert kraft fra respirasjonsmusklene. Dette er innsatsavhengig og kan dermed bli underestimert dersom innsatsen er submaksimal (Quanjer et al., 1993). FEV1 er det volumet som pustes ut i løpet av det første sekundet av en maksimal ekspirasjon, og er et mål på luftveismotstand. En reduksjon i FEV1 sees hos astmatikere og de med kronisk obstruktive lungesykdommer (KOLS) (Sand et al., 2014). Forholdet mellom FEV1 og FVC kalles FEV1/FVC ratio. Normalt sett skal FEV1 være 75% av FVC. Ved luftveisobstruksjoner vil denne ratioen være tydelig lavere enn forventet (Giæver, 2015).

2.8 Måleinstrumentene Oxycon Pro og Vyntus CPX

Det finnes flere produsenter av måleinstrumenter for CPET. Måleinstrumentene måler blant annet minuttventilasjon, pustefrekvens, oksygenopptak og CO₂-produksjon. Både Vyntus CPX og Oxycon Pro gjennomfører målinger, samler data og analyserer data som kreves for en fullverdig og pålitelig kardiorespiratorisk undersøkelse (Vyaire Medical, 2019).



Figur 2: Fremstilling av Oxycon Pro. Fra Viasys Healthcare, 2004
<https://www.ntnu.edu/documents/221360533/221362168/oxypro.pdf/91b256f4-97d7-4408-8eec->



Figur 1: Fremstilling av Vyntus CPX. Fra Vyaire Medical, 2019
<https://intl.vyaire.com/products/vyntus->

Begge måleinstrumentene blir brukt både på sykehus og i laboratorium (Viasys Healthcare, 2004; Vyair Medical, 2019). Vyntus CPX er oppgraderingen av Oxycon Pro, og blir omtalt som det beste ergospirometrisystemet på markedet (Timik Medical, u.å.).

2.8.1 Pust-til-pust og miksekammer

Måleinstrumentene kan benytte pust-til-pust eller miksekammer for måling av oksygenopptak. Ved pust-til-pust blir CO₂ i ekspirert luft og O₂-opptaket målt ved hvert pust, og gjennomsnittet over et valgt tidsrom (f.eks 30 sekund) blir rapportert som VCO₂ og VO₂. Fordelen med pust-til-pust er at man kan velge antall pust som skal være med i gassanalysen. Ved testgjennomføring brukes en maske, og måleturbinen kobles direkte til masken. En av fordelene med maske er at pasienten kan både snakke, svelge og unngå å bli tørr i halsen ved testgjennomføring (Helsebiblioteket, 2012).

Ved bruk av miksekammer blir volum av ekspirert luft målt før det blir samlet i et miksekammer, der gasskonsentrasjoner blir analysert (Wasserman et al., 2005). Det blir benyttet neseeklype og munnstykke med ventil ved testgjennomføring. Fordelen med bruk av munnstykke i stedet for maske er at risikoen for lekkasje av utåndingsluft er mindre (Helsebiblioteket, 2012).

2.9 Tidligere forskning på måleinstrumentene

Ved søk på PubMed med ordene ["Oxycon Pro" AND "Vyntus CPX "] kommer det ingen treff. Ved søk på bare ["Oxycon Pro"] kommer 19 treff, der 4 av studiene omhandler i noe grad validitet og reliabilitet av det akutte måleinstrumentet. En studie av Rietjens et al. fra 2001 undersøkte validiteten av Oxycon Pro mot gullstandard Douglas bag-metoden på både lav og høy intensitet, og Oxycon Pro ble funnet valid og reliabel. En annen studie fant at Oxycon Pro tenderte til å overestimere V'E, VO₂, VCO₂ og RER sammenlignet med Oxycon Alpha, Pulmolab EX670 og Douglas Bag ved bruk av pust-til-pust metoden (Carter & Jeukendrup, 2002).

Ved søk [“Vyntus CPX ”] på PubMed kommer det 5 treff, derav ingen relevante for denne oppgaven. På forskningsplattformen Researchgate ligger det en liten studie som sammenligner Vyntus CPX med Oxycon Pro. 10 friske deltagere ble målt med pust-til-pust på begge måleinstrumentene i randomisert rekkefølge. Testen ble gjort på sykkel, med 30 Watt/3minutt protokoll til maksimum 120 Watt. Studien viser at de aktuelle måleinstrumentene viser likt oksygenopptak og ventilasjon under trening (Groepenhoff et al., 2017).

2.10 Metodeteori

Dalland definerer metode som en systematisk fremgangsmåte for å samle inn informasjon og kunnskap for å belyse en problemstilling (Dalland, 2017). Vår oppgave baserer seg på kvantitativ forskning, som er analyse og fortolkning av talldata (Drageset & Ellingsen, 2009).

2.10.1 Reliabilitet og validitet

I kvantitativ forskning benytter man ofte begrepene reliabilitet og validitet når man skal redegjøre for kvalitetskriterier i forskningen. Reliabilitet referer til konsistensen og nøyaktigheten til de data som samles inn ved en undersøkelse, og kan forstås som forskningens pålitelighet (Polit & Beck, 2010). Validitet sier noe om målemetodens sannhet eller gyldighet, til å måle det den skal måle (Mokkink et al., 2010). Validitet kan videre deles opp i to; ekstern og intern validitet. Ekstern validitet sier noe om resultatene fra en studie kan appliseres på en større populasjon, såkalt generaliserbarhet (Laake et al., 2008). I kliniske forsøk skal den eksterne validiteten defineres ved at man har klare inklusjons- og eksklusjonskriterier (Peat et al., 2001). Intern validitet viser til om resultatene i en studie kan tillegges undersøkelsen og ikke andre ytre faktorer som det ikke kontrolleres for (Grønmo, 2004).

2.11 Reliabilitet og validitet knyttet til måleinstrumenter

Reliabiliteten til et måleinstrument sier noe om i hvilken grad en test er fri for tilfeldige målefeil (Weir, 2005). God reliabilitet er likevel til liten hjelp hvis målingene er systematisk feil eller måler noe annet enn det vi ønsker. En målemetode sin validitet er et mål på om målemetoden er hensiktsmessig, nyttig og meningsfull for å kunne trekke slutninger av

testresultatene. Validiteten av en test er det viktigste aspektet når man utvikler eller evaluerer et måleinstrument (Gregory, 2000). En sentral vurdering av validiteten til et måleinstrument er kriterievaliditet. Kriterievaliditet uttrykker hvor godt målingene korrelerer med en annen valid variabel (Pripp, 2018). Dette innebærer at en sammenligner resultatet med en gullstander som måler det samme. Høy overensstemmelse tyder på høy kriterievaliditet (Polit & Beck, 2010).

3.0 Metode

3.1 Forskningsdesign

Prosjektet gjennomføres som en metodesammenligningsstudie med overkrysningsdesign, der deltagerne er sin egen kontroll. Overkrysnings-designet gjør at vi med større sannsynlighet kan stole på resultatene selv med få deltagere, noe som er nødvendig med tanke på omfanget av en bacheloroppgave. Deltagerne gjennomfører en VO₂-makstest på hvert av måleinstrumentene Oxycon Pro og Vyntus CPX. Testene blir gjennomført på hver sin dag med minst 2 og maks 14 dager mellomrom. Det blir benyttet tredemølle og en modifisert Bruce-protokoll. Deltagerne blir delt i to grupper, der en gruppe gjør første måling på Oxycon Pro, og en gruppe på Vyntus CPX. Før gjennomføring av VO₂-makstest blir det gjennomført spirometrimåling for å kontrollere for lik lungefunksjonen på begge testene.

3.2 Testutvalg

Studenter på fysioterapiutdanningen får invitasjon til å melde seg frivillig til å delta i studien, samt frihet til å videreformidle invitasjonen. Personer som viser interesse og oppfyller inklusjons- og eksklusjonskriteriene blir inkludert. Med tanke på tidsperspektiv ønsker vi å rekruttere 20 deltagere. Med dette antallet har vi også tatt høyde for eventuelle frafall i løpet av datainnsamlingen.

3.2.1 Inklusjons- og eksklusjonskriterier

Ved rekruttering av deltagere blir det tilstrebet tilnærmet lik kjønnsfordeling. I tillegg ønsker vi å unngå variabler som kan påvirke resultatene, og følgende inklusjons- og eksklusjonskriterier blir benyttet;

Inklusjonskriterier:

- *Alder mellom 18 og 30 år*

Eksklusjonskriterier:

- *Kjent sykdom som kan påvirke resultatene*
- *Virusinfeksjon siste 14 dager*

3.3 Etske retningslinjer

Studien er godkjent av Norsk Senter for Forskningsdata (NSD) med referansenummer 441049. Testdeltagerne melder seg frivillige til å delta i bachelorprosjektet. Alle får tilsendt et informasjonsskriv per epost (vedlegg 1), og skriver under på en samtykkeerklæring (vedlegg 2) i forbindelse med testgjennomføring. Hver deltager får tildelt et ID-nummer, og oversikten som knytter deltager til ID-nummeret er bare tilgjengelig for testansvarlige. Oversikten blir slettet når resultatene er samlet inn og analysert.

3.4 Organisering

Vi som testledere har fått grundig opplæring i bruk av testutstyret og gjennomføring av VO₂-makstesting, samt spirometri. Etter opplæringen har vi brukt mange timer på egentrening, slik at vi mestret testutstyret og prosedyren godt.

Testgjennomføringen har forgått på HVL Kronstad rom F327 og L134 i tidsperioden mars 2021 til og med april 2021. Organisering av tidspunkt for hver enkelt test ble gjort med hver deltager per epost.

3.5 Balansert fordeling av utvalget

Vi ønsket å bruke Excel for å randomisere deltagerne til hvilket måleinstrument de skal teste med først. På grunn av Covid-19 og dermed organisatoriske utfordringer lar ikke dette seg gjøre, og vi må fordele deltagerne manuelt. Deltagerne blir plassert i to ulike grupper etter hvilke testdager de har mulighet til å delta på. Laboratoriet vi har tilgang til på aktuell testdag bestemmer da hvilket måleinstrument deltageren tester på først. Vi sørger for at like

mange deltagere blir plassert i hver gruppe, og at kjønnsfordeling er tilnærmet lik i de to gruppene.

3.6 Standardisering av utenforliggende faktorer

Deltagerne blir oppfordret til å standardisere faktorer som kan påvirke testresultatet, slik som måltid og koffeinmengde på testdagen og treningsmengde i dagene før testing (se vedlegg 1). Det blir i tillegg lagt til rette for tilstrekkelig restitusjon mellom de to testene, med minst 2 dager mellomrom. Det ble satt en grense på maksimalt 14 dager mellom testene for å sikre at deltagerne ikke forbedrer eller forverrer sin fysiske form i nevneverdig grad.

3.7 Målemetoder, testutstyr og protokoll

Oksygenopptaket (VO_2), minuttventilasjonen ($V'E$) og RER måles ved bruk av Oxycon Pro (Jaeger, Tyskland) eller Vyntus CPX (Carefusion, Tyskland), og beregnet og presentert i henholdsvis JLab eller Sentriesuite Software. Hjerterefrekvensen måles med pulsbelte koblet til pulsklokke, og noteres for hvert minutt. Dette for å kontrollere for at deltagerne yter lik innsats ved de to testgjennomføringene. Det blir benyttet Hans-Rudolph-maske med tilhørende deler, samt turbin som festes på masken. Ved første testgjennomføring blir det registrert hvilket pulsbelte og maske deltakeren benytter, slik at tilsvarende utstyr blir brukt ved andre test. De to testene gjennomføres på hver sin Woodway PPS55 tredemølle (PPS Woodway GmbH, Tyskland), som begge ble kalibrert 9. og 10. desember 2020. Det er to ledninger, sample lines og volumsensor, som er festet til deltagerens turbin og overfører målingene til det aktuelle måleinstrumentet. Data blir registrert for hvert pust, kjent som pust-til-pust.

I forberedelse til testing blir omgivelsesforhold (temperatur, lufttrykk og luftfuktighet) registrert, før gass og volum blir kalibrert på det aktuelle måleinstrumentet.

Volumkalibreringen er automatisk på Vyntus CPX, og gjøres manuelt med en treliters-pumpe på Oxycon Pro. Gasskalibreringen er automatisk på begge måleinstrumentene. I løpet av testdagene blir gasskalibrering gjort mellom hver test, og volumkalibreringen hver annen time. Sample lines blir benyttet opptil fem tester før den blir byttet ut og tørket.

3.7.1 Vyntus CPX

Vyntus CPX måler de viktigste parameterene ved hjelp av automatisk kalibrering av «flowsensor», O₂-celle og CO₂-sensor (Timik Medical, u.å.). Gassprøver blir tatt opp av en måler, «Digital Volume Transducer» (DVT), som er festet på munnstykket. DVT måler gassvolumet av inn- og utpust, og gassprøvene blir sendt videre til Vyntus CPX. Gjennom softwareprogrammet SentrySuite blir målingene registrert på en tilkoblet datamaskin (Vyaire Medical, 2019).

3.7.2 Oxycon Pro

Oxycon Pro måler ventilasjonen med en toveis digital volumsensor, TripleV. Gjennom softwareprogrammet JLab blir målingene registrert på en tilkoblet datamaskin (Viasys Healthcare, 2004). Oxycon har blitt validert til å måle nøyaktige resultater (Rietjens et al., 2001).

3.7.3 Feilmarginer for Vyntus CPX og Oxycon Pro

Feilmarginer for minuttventilasjon er fra 0-300 L/min på 2% eller 0,005 L/min. For CO₂-produksjon og oksygenopptak fra 0-7 L/min, ligger det feilmargin på 3% eller 0,005 L/min. Feilmarginen på RER fra 0,6-2,0 er på 4%. Volumsensoren har en feilmargin på 50mL eller 2%. Feilmargin for luftstrømhastighet mellom 0-15L/s er 3% eller 0,07L%min (Viasys Healthcare, 2004; Vyaire Medical, 2019).

3.7.4 Spirometri

Spirometri gjennomføres før VO₂-makstesten begge gangene, med standardisert utførelse. Vi benytter en Vyntus Pneumo (Carefusion, Tyskland) for å gjennomføre målingene, og kalibrering etter standardprotokoll blir gjennomført før hver test (Vyaire Medical, 2017). Informasjon om selve utførelsen blir gitt av den samme testlederen hver gang. Tre godkjente målinger blir gjennomført, hvorav den beste målingen vil bli benyttet i resultatanalysen.

3.7.4.1 Feilmarginer Vyntus Pneumo

Feilmarginer på flow er fra 0-18L/s på x/- 2%. På volum fra 0-20L har den en feilmargin på +/- 3% eller +/- 0,5L avhengig av hvilket tall som er størst (Vyair Medical, 2017).

3.7.5 Hjerterefrekvens

Vi benytter klokkene Garmin Forerunner 735XT og Garmin Instinct (Garmin Ltd, USA) og pulsbelteene Garmin HRM-Run og Garmin HRM-Dual for å måle hjerterefrekvens.

3.7.5.1 Feilmarginer pulsbelter

Det ble ikke funnet informasjon om feilmarginer for pulsbelteene vi benytter.

3.7.6 Modifisert Bruce-protokoll

Bruce-protokoll og modifiserte varianter er de mest brukte tredemølleprotokollene for fysiologisk testing av hjerte- og lungepasienter i Europa og Nord-Amerika (Hebestreit et al., 2015). I vårt prosjekt brukte vi Haukeland sin «barne-bruce»-protokoll.

Oppvarming inngår i testen. De første tre minuttene øker stigningen fra 0% - 10% og deretter øker den med 1% for hvert minutt frem til 20% stigning som var maksimal stigning i vårt prosjekt. Hastigheten starter på 1,5km/t og øker irregulært med samme tidsintervall som stigningen. Denne gradvise økningen av hastighet/stigning pågår frem til utmattelse.

3.8 Beskrivelse av testgjennomføringen

Før deltageren ankommer gjennomføres volum- og gasskalibrering av aktuelt testutstyr. Vi finner også frem og klargjør utstyr som maske og pulsbelte, og registrerer i et anonymisert testdokument hvilket utstyr deltageren skal bruke.

Når deltageren ankommer testlaben skriver hen først under på samtykkeerklæringen (vedlegg 2), og informasjon om testgjennomføringen blir gitt muntlig. Denne informasjonen har deltageren også fått skriftlig i forkant (vedlegg 1). Deretter tar vi mål av deltagerens vekt og høyde, med standardisert metode. Personen blir så registrert i databasen med ID-nummer, kjønn, fødselsår, høyde og vekt.

Testdeltageren gjennomfører spirometrimålinger til hen har tre godkjente forsøk.

Protokollen for VO₂-makstesten styres automatisk, da softwareprogrammene Sentriesuite eller JLab er koblet til tredemøllen. De første minuttene av testen blir det avtalt tegn for kommunikasjon underveis i testen. Deltageren får informasjon om at om hen faller for langt bak på tredemøllen vil hen få beskjed, og klarer ikke deltageren da å komme lenger frem på tredemøllen vil testen avsluttes av testlederne. Når deltageren selv ønsker å avslutte testen hopper hen av tredemøllen eller trykker på stoppknappen.

Etter avsluttet test får testdeltageren informasjon om resultatet.

3.8.1 Renhold og avfall

Etter avsluttet test blir masken, pulsbeltet og turbinen med tilhørende deler lagt i antiseptisk rengjøringsmiddel. Tredemøllen og andre overflater deltageren har vært i kontakt med blir tørket over med mikrofiberklut og antibac.

3.9 Smittevern

Grunnet Covid-19 vil vi som testledere benytte munnbind og hansker i kontakt med deltagerne. Til enhver tid er det bare en deltager og testledere tilstede i testlokalet.

Personer som er i karantene, har symptomer eller er nærkontakter til noen i karantene ved tidspunkt for planlagt testing ekskluderes fra prosjektet.

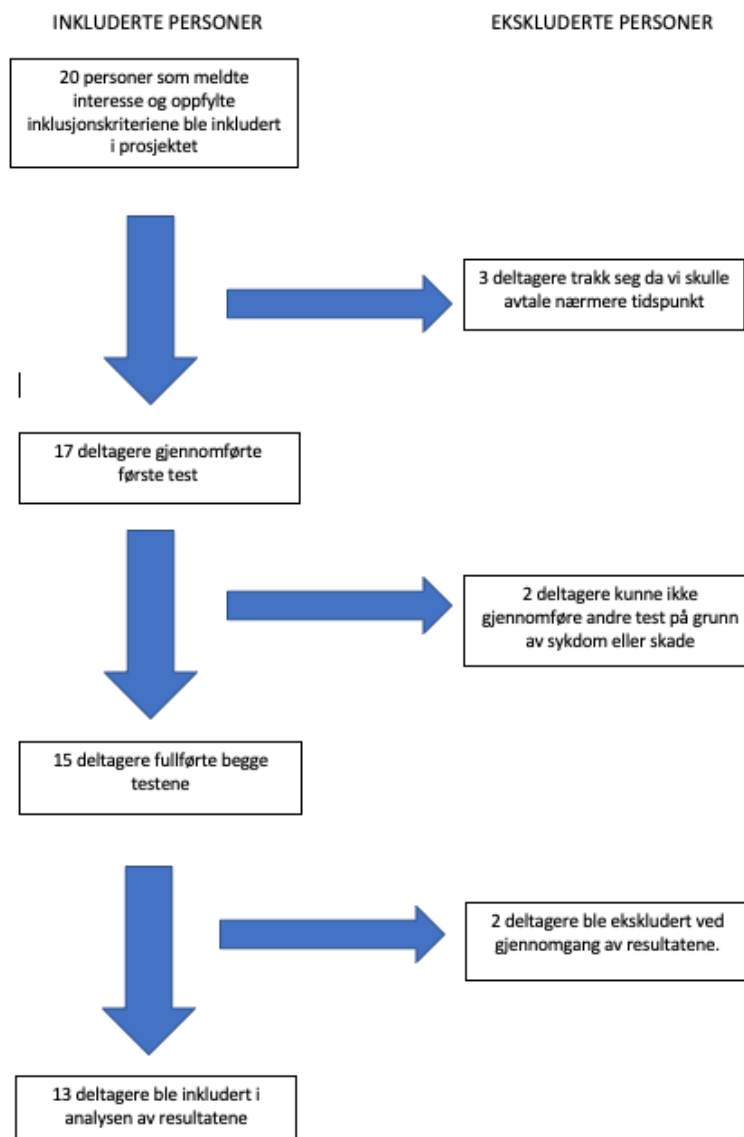
3.10 Analyse av datamaterialet

Vi vil benytte MedCalc Statistical Software (*MedCalc Statistical Software*, 2020) for å analysere datamaterialet. Det vil bli regnet ut gjennomsnittlig prosentvis differanse mellom målingene gjort på Oxycon Pro og Vyntus CPX. For å teste om datamaterialet er normalfordelt vil det bli gjennomført en Shapiro-Wilk-test (se vedlegg 3). Paret t-test benyttes for å undersøke om det er statistisk signifikant forskjell mellom måleinstrumentene. I tillegg vil vi bruke et Bland Altman-plot for å undersøke spredningen av målingene.

4.0 Resultater

4.1 Testutvalg

Vi rekrutterte 20 deltagere til prosjektet. Underveis i datainnsamlingsperioden falt 5 deltagere fra av ulike grunner. Under gjennomgang av datamaterialet oppdaget vi feil i testresultatene til en deltager, og disse resultatene ble derfor ekskludert fra analysene. Det ble også oppdaget en stor utligger som også ble ekskludert fra analysene. Vi sto igjen med 13 deltagere som ble grunnlaget for våre resultater. Inkluderte og ekskluderte personer er presentert i flytskjemaet under (Figur 3).



Figur 3: Flytskjema for inkluderte og ekskluderte personer

4.1.1 Demografisk data

Tabell 2 presenterer demografisk data for de 13 deltagerne som ble inkludert i resultatanalysen.

Tabell 2: Demografisk data som beskriver testutvalget

N=13	Gjennomsnitt	Standardavvik	Spredning (minst-størst)
Kjønn (M/K)			8/5
Høyde (cm)	179,3	11,2	157-198
Menn (n=8)	186,9	5,8	178-198
Kvinner (n=5)	167,2	5,9	157-174
Alder (år)	25,2	2,7	21-29
Menn (n=8)	25,8	2,3	23-29
Kvinner (n=5)	24,4	3,0	21-28
Vekt (kg)	77,9	13,5	57,9-98,6
Menn (n=8)	87,3	7,7	76,8-98,6
Kvinner (n=5)	62,9	5,9	57,9-67,2
BMI	24,0	2,3	20-28
Menn (n=8)	24,9	1,5	23-28
Kvinner (n=5)	22,6	2,6	20-27

Kjønn, vekt, alder og BMI oppgitt i gjennomsnitt, standardavvik og spredning (minst-størst) for de 13 deltagerne som er inkludert i resultatene. M=mann, K=kvinne, BMI= kroppsmasseindeks.

4.2 Resultater spirometri

Spirometriresultatene er presentert i tabell 3. Det beste av de tre godkjente forsøkene ble benyttet.

Tabell 3: Resultater fra spirometritestene

	Dag 1	Dag 2	Differanse % (±SD)	p-verdi
	Gjennomsnitt (±SD)	Gjennomsnitt (±SD)		
N = 13				
FVC (L)	5,7 (±1,2)	5,7 (±1,3)	-0,6 (±3,5)	0,70
FEV1 (L)	4,4 (±0,8)	4,4 (±0,8)	-0,9 (±2,9)	0,32

FEV1/FVC %	79,5 ($\pm 6,0$)	79,3 ($\pm 6,4$)	-0,3 ($\pm 1,4$)	0,52
------------	--------------------	--------------------	--------------------	------

Resultatene er oppgitt i gjennomsnitt \pm standardavvik (SD). Dag 1 = dagen deltageren testet med Oxycon Pro. Dag 2 = dagen deltageren testet med Vyntus CPX. Gjennomsnittlig differanse er regnet ut med formelen $(\text{Dag2}-\text{Dag1}/\text{Dag1} * 100)$. P-verdien er funnet ved hjelp av parett-test.

Tabell 3 viser at det ikke var statistisk signifikant forskjell i lungefunksjonen til deltagerne når de testet Oxycon Pro og Vyntus CPX. Dermed har vi utelukket at endring i lungefunksjon har påvirket resultatene på de to oksygenopptakstestene.

4.3 Resultater fra VO_2 -makstesten

Som beskrevet i kapittel 3.7 blir data under VO_2 -makstesten registrert for hvert pust.

Softwaren beregner og fremstiller gjennomsnittet av målingene hvert 30. sekund. Det er denne gjennomsnittsmålingen som er brukt ved resultatanalysene. Hjerterefrekvensen er ikke målt av Oxycon Pro eller Vyntus CPX, men er likevel inkludert fordi det er en variabel som kan fortelle oss om deltagerens anstrengelse.

4.3.1 Maksimale oksygenopptak

Tabell 4 viser data fra deltagerens høyeste registrerte VO_2 -målinger fra begge måleinstrumentene.

Tabell 4: Maksimale verdier for oksygenopptak (VO_2), minuttventilasjon ($V'E$), RER og hjerterefrekvens (HF).

	Oxycon Pro	Vyntus CPX		
N=13	Gjennomsnitt (\pm SD)	Gjennomsnitt (\pm SD)	Differanse % (\pm SD)	p-verdi
VO_2-maks (ml/kg/min)	57,0 ($\pm 6,2$)	48,3 ($\pm 6,4$)	-15,4 ($\pm 5,5$)	<0,01
$V'E$ (L/min)	150,8 ($\pm 33,5$)	128,6 ($\pm 25,11$)	-13,6 ($\pm 8,7$)	<0,01
RER	1,18 ($\pm 0,05$)	1,23 ($\pm 0,07$)	4,1 ($\pm 5,6$)	0,02
HF	188,5 ($\pm 8,48$)	188,4 ($\pm 8,78$)	0,0 ($\pm 3,3$)	0,96

Oksygenopptaket (VO_2) oppgitt i $\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$. Minuttventilasjonen ($V'E$) oppgitt i liter per minutt. Verdiene er presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD). Prosentvis differanse er regnet ut ved hjelp av formelen $(\text{Vyntus-Oxycon})/\text{Oxycon} * 100$. P-verdi er funnet ved parett-test.

Det er statistisk signifikant forskjell (p -verdi $< 0,05$) mellom målingene av oksygenopptak, $V'E$ og RER gjort på Oxycon Pro og Vyntus CPX. Gjennomsnittlig differanse er på henholdsvis -15,4 ($\pm 5,5\%$), -13,6% ($\pm 8,7\%$) og 4,1% ($\pm 5,6\%$). Vyntus CPX målte lavere oksygenopptak og minuttventilasjon, men høyere RER. Hjerterefrekvensen er ikke signifikant forskjellig.

4.3.2 Sammenligning av måleinstrumentene på justert arbeidsbelastning

Vår problemstilling tok utgangspunkt i å analysere høyeste oksygenopptaksmåling på begge måleinstrumentene. Da vi gjennomgikk målingene viste det seg at noen av deltagerne hadde høyeste måling på ulike tidspunkt på henholdsvis Oxycon Pro og Vyntus CPX. Dermed sammenlignet vi oksygenmålinger gjort på ulike arbeidsbelastninger. For å undersøke om måleinstrumentene måler likt, er det nødvendig å sammenligne målinger gjort på samme tidspunkt og arbeidsbelastning for den enkelte deltager. Da undersøker vi om måleinstrumentene måler likt oksygenopptak når deltageren yter samme arbeid. Tabell 5 viser analyser gjort på måleintervallet der høyest måling oppsto tidligst av de to testene.

Tabell 5: Verdier for oksygenopptak (VO_2), minuttventilasjon ($V'E$), RER og hjerterefrekvens (HF) ved justert belastning.

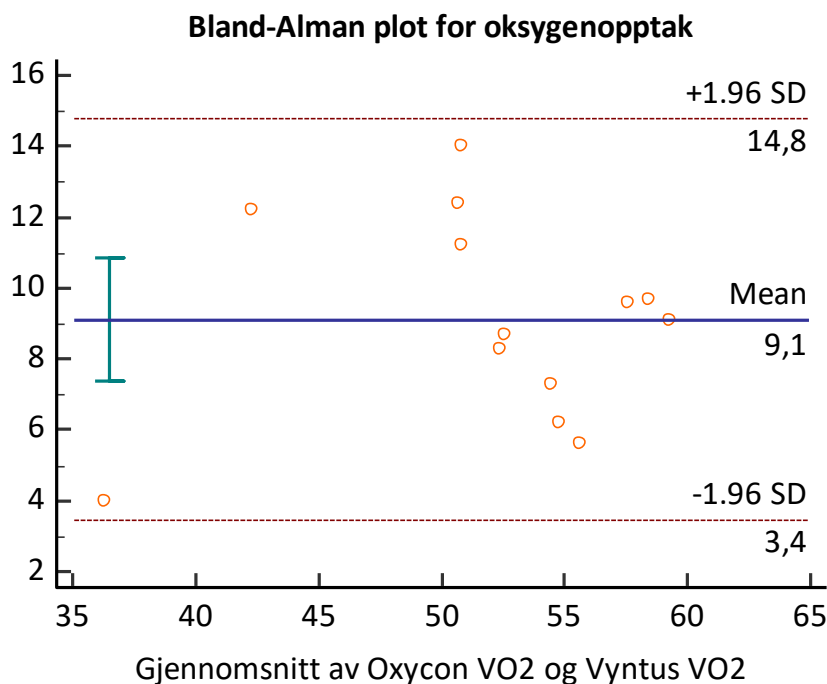
	Oxycon Pro	Vyntus CPX		
N=13	Gjennomsnitt (\pm SD)	Gjennomsnitt (\pm SD)	Differanse % (\pm SD)	p-verdi
VO_2 (ml/kg/min)	56,5 ($\pm 6,4$)	47,4 ($\pm 6,2$)	-16,1 ($\pm 4,9$)	<0,01
$V'E$ (L/min)	142,8 ($\pm 29,5$)	128,3 ($\pm 25,6$)	-9,2 ($\pm 10,5$)	0,01
RER	1,15 ($\pm 0,05$)	1,24 ($\pm 0,05$)	7,5 ($\pm 3,9$)	<0,01
HF	187,6 ($\pm 7,8$)	187,8 ($\pm 8,7$)	0,1 ($\pm 3,1$)	0,88

Oksygenopptaket (VO_2) oppgitt i $ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$. Minuttventilasjonen ($V'E$) oppgitt i liter per minutt.

Verdiene er presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD). Prosentvis differanse er regnet ut ved hjelp av formelen $(Vyntus-Oxycon)/Oxycon \times 100$. P-verdi er funnet ved parett t-test.

Også når vi har kontrollert for lik arbeidsbelastning hos den enkelte deltager, viser resultatene signifikant forskjell i målingene av VO_2 , $V'E$ og RER gjort av Oxycon Pro og Vyntus CPX. Vyntus CPX målte -16,1% ($\pm 4,9\%$) lavere VO_2 og -9,2% ($\pm 10,5\%$) lavere $V'E$, samt 7,5% ($\pm 3,9\%$) høyere RER. Hjerterefrekvensen er lik.

Bland-Altman plotet (figur 4) viser at det er stor variasjon i differansen mellom målingene gjort på Oxycon Pro og Vyntus CPX (fra 4 til 14 ml/kg/min).



Figur 4: Bland-Altman-plot for oksygenopptak

X-aksen viser VO_2 -maksresultatene for måleinstrumentene, hvor et punkt er gjennomsnittet av testene på Vyntus CPX og Oxycon Pro for den enkelte deltager. Y-aksen viser differansen mellom målingene gjort på Vyntus CPX og Oxycon Pro for deltageren. Mean=Gjennomsnitt, SD=Standardavvik.

4.3.3 Sammenligning av måleinstrumentene på ulike stadier av protokollen

Siden våre resultat viser at måleinstrumentene måler ulike maksimalverdier, ønsket vi å undersøke videre om måleinstrumentene også måler ulikt gjennom hele testen. Vi har derfor plukket ut tre stadier og sammenlignet målinger gjort på samme arbeidsbelastning på alle

deltagerne. Stadiene er; 3,3km/t - 11% stigning, 6,7km/t – 16% stigning og 8km/t – 18% stigning. Ikke alle deltagerne holdt ut til alle stadiene.

4.3.3.1 Første stadiet: 3,3 km/t + 11% stigning

Tabell 6: Verdier for oksygenopptak (VO_2), minuttventilasjon ($V'E$), RER og hjertefrekvens (HF) ved 3,3km/t og 11% stigning.

N=13	Oxycon Pro	Vyntus CPX	Differanse % (±SD)	p-verdi
	Gjennomsnitt (±SD)	Gjennomsnitt (±SD)		
VO_2 (ml/kg/min)	20,7 (±1,4)	17,3 (±1,0)	-15,6 (±7,9)	<0,01
$V'E$ (L/min)	35,8 (±4,8)	31,7 (±4,3)	-10,9 (±10,2)	<0,01
RER	0,79 (±0,05)	0,80 (±0,04)	0,9 (±6,2)	0,77
HF	121,3 (±16,4)	117,6 (±15,3)	-2,6 (±8,2)	0,26

Oksygenopptaket (VO_2) oppgitt i $ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$. Minuttventilasjonen ($V'E$) oppgitt i liter per minutt.

Verdiene er presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD). Prosentvis differanse er regnet ut ved hjelp av formelen $(Vyntus-Oxycon)/Oxycon \times 100$. P-verdi er funnet ved parett t-test.

4.3.3.2 Andre stadiet: 6,7km/t – 16% stigning

Tabell 7: Verdier for oksygenopptak (VO_2), minuttventilasjon ($V'E$), RER og hjertefrekvens (HF) ved 6,7 km/t og 16% stigning.

N=12	Oxycon Pro	Vyntus CPX	Differanse % (±SD)	p-verdi
	Gjennomsnitt (±SD)	Gjennomsnitt (±SD)		
VO_2 (ml/kg/min)	45,6 (±3,2)	39,1 (±2,8)	-14,2 (±4,8)	<0,01
$V'E$ (L/min)	86,8 (±13,2)	80,8 (±12,4)	-6,2 (±12,3)	0,13
RER	0,98 (±0,1)	1,03 (±0,1)	5,6 (±4,7)	<0,01
HF	172,6 (±12,5)	172,8 (±10,6)	0,3 (±4,1)	0,9

Oksygenopptaket (VO_2) oppgitt i $ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$. Minuttventilasjonen ($V'E$) oppgitt i liter per minutt.

Verdiene er presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD). Prosentvis differanse er regnet ut ved hjelp av formelen $(Vyntus-Oxycon)/Oxycon \times 100$. P-verdi er funnet ved parett t-test.

4.3.3.3 Tredje stadiet: 8km/t – 18% stigning

Tabell 8: Verdier for oksygenopptak (VO_2), minuttventilasjon ($V'E$), RER og hjertefrekvens (HF) ved 8 km/t og 18% stigning.

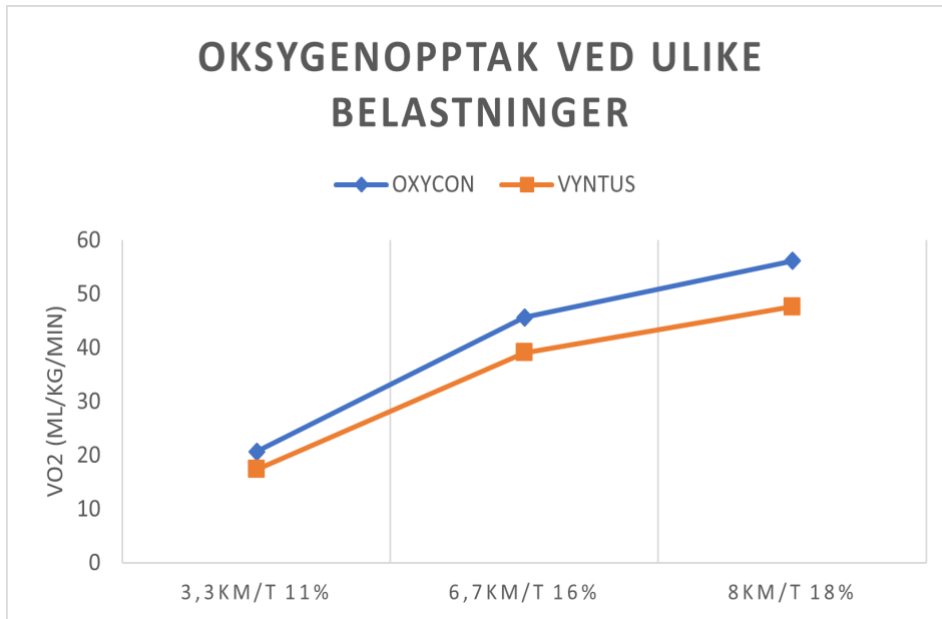
N=10	Oxycon Pro	Vyntus CPX	Differanse % (\pm SD)	p-verdi
	Gjennomsnitt (\pm SD)	Gjennomsnitt (\pm SD)		
VO_2 (ml/kg/min)	56,2 (\pm 0,7)	47,6 (\pm 1,8)	-15,2 (\pm 3,1)	<0,01
$V'E$ (L/min)	120,4 (\pm 21,2)	108,3 (\pm 17,2)	-9,2 (\pm 9,5)	0,04
RER	1,07 (\pm 0,1)	1,14 (\pm 0,1)	6,3 (\pm 3,8)	<0,01
HF	183,2 (\pm 8,8)	182,7 (\pm 9,6)	-0,3 (\pm 2,4)	0,74

Oksygenopptaket (VO_2) oppgitt i $ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$. Minuttventilasjonen ($V'E$) oppgitt i liter per minutt.

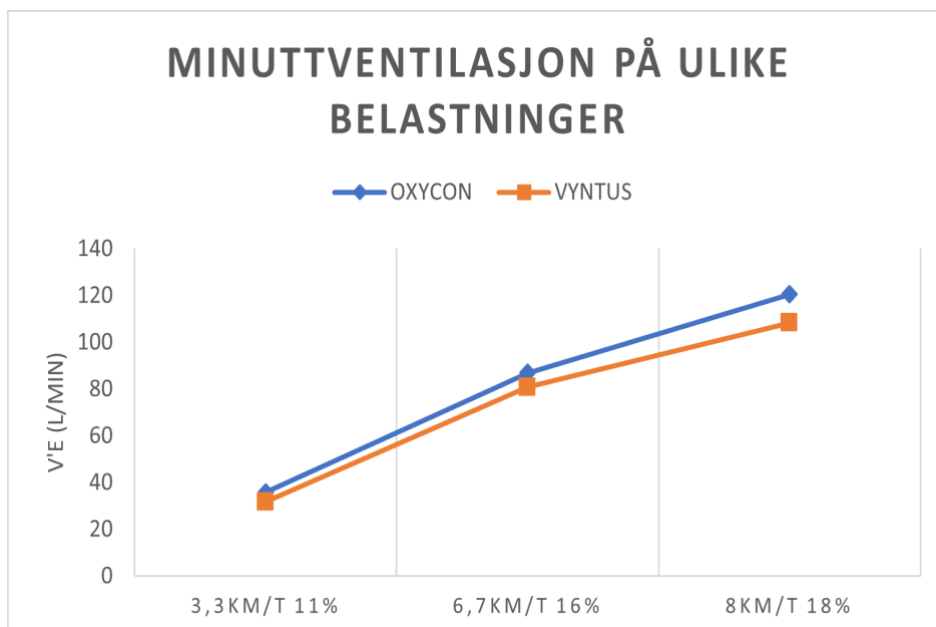
Verdiene er presentert som gjennomsnitt og standardavvik (SD). Prosentvis differanse er regnet ut ved hjelp av formelen $(Vyntus-Oxycon)/Oxycon \times 100$. P-verdi er funnet ved paret t-test.

Resultatene viser at Vyntus CPX målte -15,6% (\pm 7,9%), -14,2% (\pm 4,8%) og -15,2% (\pm 3,1%) lavere VO_2 på henholdsvis 3,3 km/t-11%, 6-7km/t – 16% og 8km/t – 18% stigning, enn Oxycon Pro. For minuttventilasjon målte Vyntus CPX -10% (\pm 10,2%) og -9,2% (\pm 9,5%) lavere verdier enn Oxycon Pro på henholdsvis første og tredje stadiet. På andre stadiet er det ikke statistisk signifikant forskjell for minuttventilasjon mellom måleinstrumentene (p-verdien=0,13). Verdiene for RER er ikke statistisk signifikant forskjellige på stadiet en. På stadiet to og tre målte Vyntus CPX henholdsvis 5,6% (\pm 4,7%) og 6,3% (\pm 3,8%) høyere verdier enn Oxycon Pro.

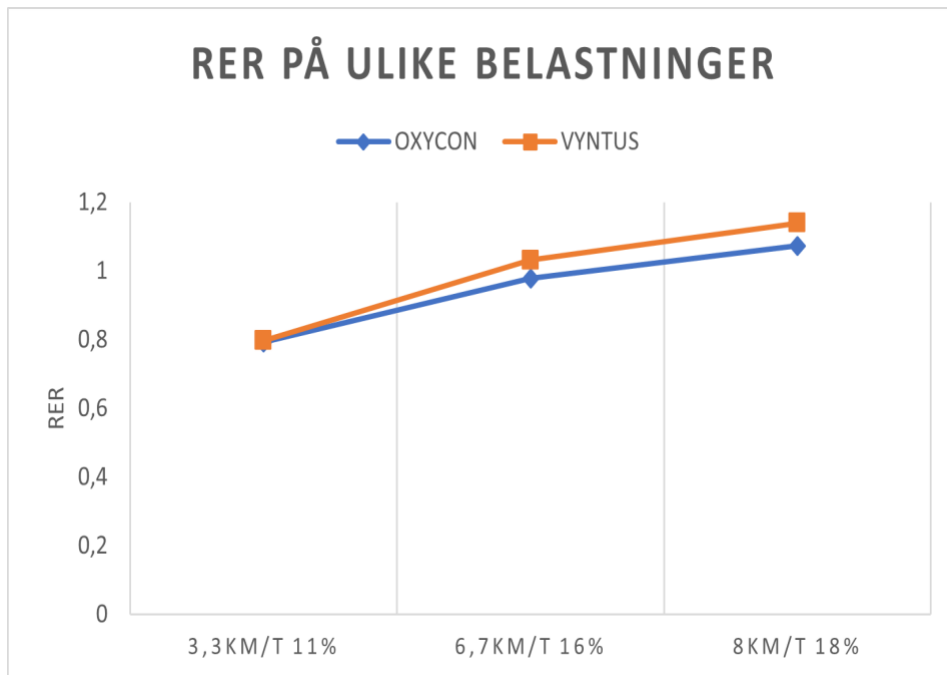
4.3.3.4 Grafisk fremstilling av de ulike stadiene



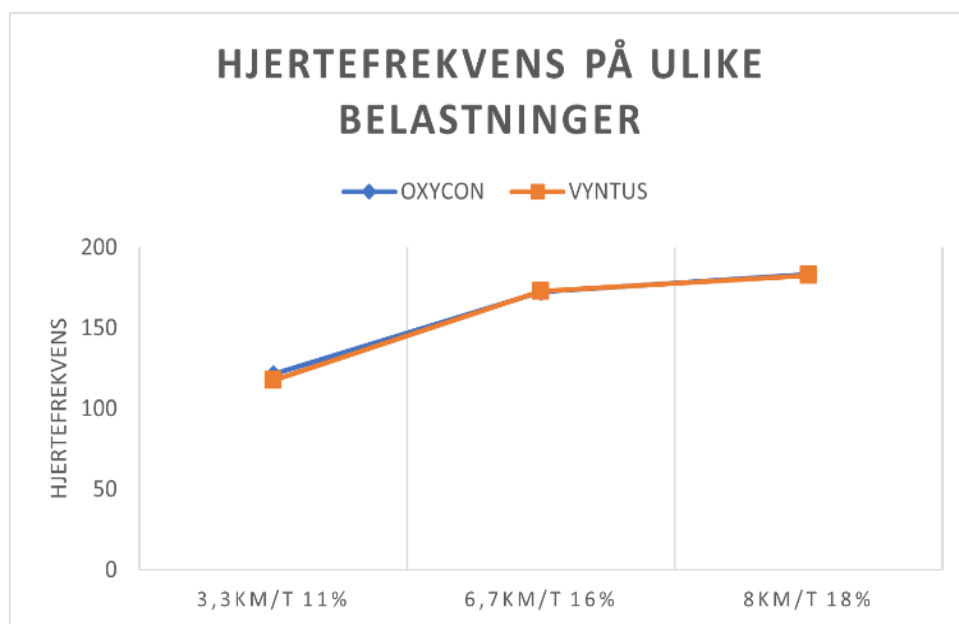
Figur 5: Oksygenopptak ved ulike belastninger. Stadi 1, 2 og 3 vist ved gjennomsnitt for VO₂ oppgitt i ml x kg⁻¹ x min⁻¹



Figur 6: Minuttventilasjon ved ulike belastninger. Staide 1, 2 og 3 vist ved gjennomsnitt for V'E oppgitt i L/min



Figur 7: RER ved ulike belastninger. Stadie 1, 2 og 3 vist ved gjennomsnitt for RER.



Figur 8: Hjertefrekvens ved ulike belastninger. Stadie 1, 2 og 3 vist ved gjennomsnitt for hjertefrekvens.

5.0 Diskusjon

Diskusjonen er delt inn i resultatdiskusjon og metodediskusjon. Resultatdiskusjonen vil presentere og drøfte studiens hovedfunn. Videre vil vi under metodediskusjonen diskutere metodevalg og studiens styrker og svakheter. Avslutningsvis presenterer vi tanker om videre fagutvikling rundt temaet og eventuell klinisk relevans.

5.1 Resultatdiskusjon

Resultatene viser at det er statistisk signifikant forskjell (p -verdi $< 0,05$) mellom måling av oksygenopptak ved bruk av Oxycon Pro og Vyntus CPX. Vyntus CPX målte lavere verdier enn Oxycon Pro, med en gjennomsnittlig differanse på omtrent -15% ved alle utvalgte analysetidspunkt. Bland-Altman-plottet (figur 4) viser at det var stor variasjon i størrelsen på differansen mellom deltagerne. Resultatene viser også at Vyntus CPX målte lavere minuttventilasjon ($V'E$), samt høyere RER, men disse verdiene er ikke gjennomgående statistisk signifikante og varierer i differanse. Differansen mellom måleinstrumentene ligger langt utenfor fabrikantenes oppgitte feilmarginer på 2-4% (se 3.7.3). Siden vi sammenligner Vyntus CPX opp mot Oxycon Pro, viser resultatene at Vyntus CPX ikke tilfredsstillt kravet til validitet.

5.1.1 Oksygenopptak

Ved gjennomgang av datamaterialet, så vi at alle testdeltagere nådde et VO_2 -platå på begge testene. Når testpersonen oppnår dette platået, vil ikke oksygenopptaket øke videre selv om arbeidsintensiteten øker, og maksimalt oksygenopptak er nådd (McArdle et al., 2015, s. 236–237). Vi så også at alle deltagerne hadde en ventilasjonsøkning tross utflating av VO_2 -verdien og RER over 1,1/1,05. Tre av kriteriene for godkjent VO_2 -makstest er dermed nådd (Tønnesen et al., u.å.). Likevel viser målingene gjort på samme person innenfor maksimum to uker signifikant ulike verdier.

5.1.2 Minuttventilasjon

Studien vår viser at Oxycon Pro målte statistisk signifikant høyere $V'E$ -verdier enn Vyntus CPX på starten og på slutten av VO_2 -makstesten. En studie gjort av Carter og Jeukendrup

(2002) viste at Oxycon Pro målte signifikant høyere V'E -verdier ved både lav og høy intensitet sammenlignet med Douglas bag-metoden. Forfatterne i studien skriver at selv om de har brukt Douglas bag-metoden som kontroll, behøver det ikke å bety at den måler feilfritt. I samme studie sammenligner de Oxycon Pro opp mot en simulator, der det ble målt like verdier for V'E. Det finnes også studier som måler dag-til-dag-variasjon ved VO₂-makstesting på ulike måleinstrumenter (Armstrong & Costill, 1985; Hickey et al., 1992). Dag-til-dag-variasjon er vanlig, og det er rapportert en variasjon på 3,6% på V'E, som er resultat av teknologiske feil og biologiske svingninger (Armstrong & Costill, 1985). Våre resultater viser en større differanse enn 3,6%, og kan trolig ikke bare forklares ved dag-til-dag-variasjon.

5.1.3 Respiratory exchange ratio

Målingene av RER-verdiene er statistisk signifikant ulike ($p < 0,05$) ved både maksimale målinger (absolutt og justert for intensitet), samt på stadie to og tre. Tidlig i testen (stadie en) er det ikke statistisk signifikant forskjell på RER-verdiene. En bruker RER med forutsetningen at CO₂ og O₂ i innåndings- og utåndingsluften tilsvarer forholdet O₂ benyttet og CO₂ produsert i cellene, tross at det er faktorer som kan påvirke utvekslingen av oksygen og karbondioksid i lungene (McArdle et al., 2015, s. 210). Vi observerte under testingen at de fleste deltagerne startet testen med nokså varierende RER-verdier, og at det så ut som at RER-verdien endret seg når deltageren snakket. Utover i testen sluttet deltagerne å snakke, og det så ut som at RER-verdiene stabiliserte seg og økte gradvis. Dette kan forklare hvorfor det ikke ble funnet statistisk signifikant ulike RER-verdier tidlig i testen selv om øvrige analysetidspunkt viste statistisk signifikant forskjell.

5.1.4 Hjerterefrekvens

Våre analyser viser at det ikke er statistisk signifikant forskjell mellom hjerterefrekvensmålingene ved de to testgjennomføringene. Det er ikke måleinstrumentene som måler hjerterefrekvensen, men et uavhengig pulsbelte. Denne mangelen på ulikhet styrker sannsynligheten for at deltagerne ytte samme mengde arbeid ved begge testene. Det øker sannsynligheten for at forskjellene i variablene måleinstrumentene måler er sanne.

5.1.5 Tredemøllene

Det ble ytret fra deltagerne at tredemøllen føltes brattere ut når de testet på Vyntus CPX. Tredemøllene ble kalibrert i desember, og er av samme merke og type, og skal derfor være identiske. Om det så hadde vært tilfelle at tredemøllen brukt ved Vyntus CPX var brattere, vil det ført til høyere arbeidsbelastning tidligere i testen, og dermed et høyere oksygenkrav tidligere. Da ville oksygenopptaksmålingene gjort på Vyntus CPX vært høyere enn Oxycon Pro når vi sammenlignet på samme tidspunkt i testen, noe de ikke er. Det kan ikke utelukkes at tredemøllene er kalibrert ulikt, men det kan trolig ikke forklare ulikheten funnet i resultatene våre.

5.1.6 Kalibrering

Etter kalibrering av gassanalytorene, kalibrering av flowsensoren og inntasting av omgivelsesparametere (trykk, temperatur og luftfuktighet) antas det at måleinstrumentet vil gi nøyaktige resultater. John Hoppe, eieren av Vacumetrics, skriver at feilkalibrering ser ut til å være den største feilkilden i VO_2 -maksesting. Feiltilkobling av kalibreringsgass, lekkasje i kalibreringspumpen, mangel på ventilasjon i testrommet, rommets størrelse og antall mennesker i testrommet kan forårsake unøyaktig kalibrering. Han mener også at kalibreringsgassen ikke alltid inneholder det som blir oppgitt. Om temperatur, barometertrykk og luftfuktighet er integrert i programvaren til VO_2 -målesystemet, må disse sensorene kalibreres etter installasjon av programvareoppgraderinger. En feil i luftfuktighet og temperatur vil gi feil i VO_2 -målingene (Hoppe, 2009). En liten dansk reliabilitetsstudie på Vyntus CPX fant likevel ut at kalibrering før hver test ikke viser mer reliable VO_2 -, VCO_2 - og RER-resultater. Det foretrekkes likevel at man fortsatt kalibrerer før hver måling (Poulsen et al., 2016). Vi utelukker ikke feilkilder i kalibreringen i studien vår. Ulik størrelse på testrommene og usikkerhetsmomenter i kalibreringsgass, kalibreringspumpe, ventilasjon og software kan ha påvirket testresultatene.

5.1.7 Aspekter ved kriterievaliditet

Å validere et måleinstrument opp mot et annet kan bevise at begge måler feil, begge måler riktig eller at en av de måler feil (Hoppe, 2009). Resultatanalysene våre viser lav overensstemmelse mellom måling av oksygenopptak, minuttventilasjon og RER ved bruk av

Oxycon Pro og Vyntus CPX. Selv om dette tyder på lav kriterievaliditet (Polit & Beck, 2010) når vi sammenligner Vyntus CPX opp mot Oxycon Pro, kan vi ikke være sikre på at Oxycon Pro faktisk måler sanne verdier.

5.2 Metodediskusjon

5.2.1 Evaluering av metodevalg

Vi benyttet metodesammenligningsstudie med overkrysning som forskningsdesign. Et slikt design er godt egnet i studier med få deltagere (Håheim, u.å.), da deltagerne er sin egen kontroll. Halvparten av deltagerne gjorde første test på Oxycon Pro, mens andre halvpart begynte med Vyntus CPX. I vår studie ble ikke deltagerne randomisert til hvilket måleinstrument de skulle teste på først. Dette på grunn av Covid-19-restriksjoner, at måleinstrumentene befant seg i to ulike laboratorier, samt andre organisatoriske utfordringer. Likevel sørget vi for at tilnærmet like mange deltagere startet med hvert av måleinstrumentene, og mangelen på randomisering har derfor trolig ikke påvirket resultatene fra studien. Det ble heller ikke gjennomført blinding av testansvarlige. Dette er en svakhet ved studien, selv om det måleinstrumentene som tar målene av deltagerne, og ikke testansvarlige.

5.2.2 Reliabilitet

Reliabilitet handler om nøyaktigheten til datainnsamlingen i en undersøkelse (Polit & Beck, 2010). En studie med høy reliabilitet kan utføre samme test og få nærmest identiske resultat hver gang. I vår studie handler dette om å sørge for at alt utenom måleinstrumentet er likt ved begge testgjennomføringene. Faktorer som bruk av likt utstyr (masker, pulsbelte og tredemøllemodell) på begge testene har blitt kontrollert for. I tillegg hadde vi som testledere definerte oppgaver som hver av oss gjorde ved alle testene.

Med et overkrysnings-design er man også avhengig av at deltagerne kommer med identiske forutsetninger på begge testdagene. Dette for å hindre at andre forhold enn egenskapene i selve måleinstrumentet påvirker resultatene. Det er utfordrende å tilrettelegge for at alle variabler, slik som treningsmengde, søvn, kosthold og motivasjon, blir like ved to ulike testdager. Deltagerne ble oppfordret til å standardisere slike faktorer, men det har ikke vært

mulig for oss å kontrollere. En annen svakhet ved studien er at ikke alle deltakerne har kunnet teste på identisk tidspunkt på døgnet på de to testdagene. Deltakerne har også hatt ulikt antall dager mellom testene. Vi satte en tidsbegrensing på maks 14 dager mellomrom for å hindre forverring eller forbedring i fysisk form. Tidsbegrensingen kunne vært enda kortere for å sørge for at forutsetningene var likest mulig i forkant av begge testene.

5.2.3 Intern validitet

Intern validitet kan beskrives som i hvilken grad resultatverdiene er gyldige for testutvalget som ble testet, og viser til om resultatene i en studie kan tillegges undersøkelsen og ikke andre ytre faktorer som det ikke kontrolleres for (Grønmo, 2004). Det forutsetter at man har god kontroll over eventuelle feilkilder i testingen (Dahlum, 2021).

Oxycon Pro og oppgraderingen Vyntus CPX er produkter av mange års utvikling av utstyr for kardiopulmonale belastningstester. Disse måleinstrumentene anses å ha små feilmarginer i målingene (se kapittel 3.7.3). Studien til Groepenhoff et al. (2017) viser at Vyntus CPX og Oxycon Pro måler like verdier for VO_2 , VCO_2 og VE. Resultatene i deres studie stemmer ikke overens med resultatene fra vår studie. I vårt tilfelle var det installert to ulike software-programmer tilhørende måleinstrumentene; JLab på Oxycon Pro og Sentriesuite på Vyntus CPX. Groepenhoff og kolleger brukte derimot JLab til begge måleinstrumentene. Siden resultatene fra VO_2 -maksstestene blir prosessert, beregnet og presentert i software-programmene, kan vi ikke utelukke feilkilder i utregningen og fremstillingen av data.

På grunn av muligheten for feilkilder ved bruk av pulsbelter, vekt og masker med tilbehør, brukte hver deltager nøyaktig samme utstyr på begge testene. Eventuelle feilkilder ved testutstyret blir like ved begge testene for deltagerne, noe som styrker den interne validiteten. En svakhet i studien er at vi ikke merket hvilken turbin hver deltager brukte. Vi rullerte på tre turbiner ved testingen av begge måleinstrumentene. Vi er dermed ikke sikre på at hver deltager brukte samme turbin ved begge testtilfellene. Dette gjør at eventuelle feilmålinger forårsaket av en skade på turbinen kan ha forekommet. I og med at vi brukte de samme turbinene både for testingen på Oxycon Pro og Vyntus CPX, vil det trolig ikke slå ut som systematiske feilmålinger. Lekkasje av utåndingsluft ved maskebruk kan være en annen feilkilde. Dersom vi hadde brukt miksekammer, og dermed munnstykke med ventil, er

risikoen lekkasje mindre (Helsebiblioteket, 2012). Det hadde derfor vært interessant å sammenligne Oxycon Pro og Vyntus CPX ved bruk av miksekammer.

Erfaring og kompetanse med bruk av måleinstrumentene ble gradvis bedre gjennom mange treningstimer og testdager. Den erfarings- og kunnskapsbaserte endringen kan svekke validiteten på studien. Vi var forberedt på dette, og testet like mange på hvert av måleinstrumentene ved siste halvdel av prosessen. Ved VO₂-makstesting er det også lite en testleder kan gjøre for å påvirke testresultatene, da det er en datamaskin som gjennomfører målingene. Vi kan derfor antakelig utelukke store feilkilder basert på den progressive læringsprosessen vår.

Testdeltagerenes læringsprosess bør også diskuteres. Vi oppfattet testdeltagerne som bedre forberedt på test nummer to. Deltagerne fikk utgitt resultatet sitt etter første test, og flere var motivert for å yte bedre ved andre testdag. Vi ser i etterkant at vi burde unnlatt å utgi testresultatet ved første test, for å utelukke feilkilder basert på motivasjon. Det faktum at halvparten testet på Vyntus CPX først, og andre halvpart på Oxycon Pro, gjør at denne lærings- og motivasjonseffekten trolig ikke kan ha hatt vesentlig innvirkning på resultatene vi fikk.

En annen aktuell variabel er omgivelsestemperaturen. Ved testing ved bruk av Oxycon Pro ble temperatur og luftfuktighet registrert manuelt. Temperaturen lå mellom 18 og 19 °C. Ved testing ved bruk av Vyntus CPX, ble temperatur og luftfuktighet registrert automatisk, og temperaturen lå mellom 22 og 23°C. Omgivelsestemperaturen har ikke bare vist å ha effekt på tid til utmattelse, men også fysiske og metabolske responser, arbeidsøkonomi, terskelfart og maksimalt oksygenopptak (Kruk et al., 1991; Quirion et al., 1989; Sandsund et al., 2012). Forskjellen på temperatur og luftfuktighet kan ha påvirket resultatene i denne studien, men forklarer ikke hele forskjellen.

5.2.4 Ekstern validitet

Ekstern validitet handler om man kan generalisere resultater fra testing til en større populasjon. (Laake et al., 2008). I vårt tilfelle, om resultatene kan overføres til klinisk hverdag.

Testutvalget i vår studie var personer mellom 18-30 år som ikke hadde kjent sykdom eller skade som kunne påvirke resultatene. Våre ekskluderingskriterier førte til at vi mistet en stor del av populasjonen som blir testet daglig på sykehuset. Dette gjør at den eksterne validiteten blir svekket. I tillegg hadde deltagerne i studien vår høyere gjennomsnittlig oksygenopptak enn normalbefolkningen (tabell 1 og 2). Likevel er det differansen mellom de ulike måleinstrumentene for hver deltager som har betydning for denne studien, og ikke enkeltresultatene. Ekskluderingskriteriene våre styrker studiens reliabilitet og interne validitet, og vi kan med større sikkerhet anslå at resultatene er til å stole på. Dess mer studien har kontrollert for variabler som kan påvirke resultatene, dess mindre er muligheten for å generalisere resultatene til en større populasjon (Carter & Lubinsky, 2016).

5.2.5 Dataanalysen

I denne studien er det brukt student t-test og Bland Altman-plot. Begge disse testene er parametriske tester. En viktig forutsetning for at en t-test skal gi riktige resultat er at observasjonene er tilnærmet normalfordelte (Skovlund, 2017). Shapiro-Wilk-test, visuelt vist med Q-Q-plot (vedlegg 3) viser at våre data er normalfordelte. I og med at utvalget vårt er lite, kunne ikke-parametrisk metode være hensiktsmessig. Ulempen ved bruk av ikke-parametriske tester er at de kan være mindre sensitive enn de parametriske testene, og unnlate å finne forskjeller mellom gruppene som faktisk eksisterer (Pallant, 2020).

5.3 Klinisk relevans

Evidens bør innarbeides i alle aspekter av fysioterapi som undersøkelse, evaluering, prognose, diagnose og intervensjon (Jamtvedt et al., 2015, s. 23). Som nevnt innledningsvis blir testing av maksimalt oksygenopptak benyttet daglig for diagnostikk og vurdering av progresjon hos pasienter på sykehuset. Vi burde kunne stole på dataen som er målt fra CPET og bruke de til å vurdere årsakssammenhenger. De varierende målingene i studien vår setter

spørsmålstegn til dette. Selv om retningslinjer og prosedyrer for testingen er like, må man være kritisk til testresultatenes pålitelighet, og til å sammenligne resultater mellom testlaboratorier. På sykehuset sammenlignes testresultater over tid. I dette tilfelle kan feilmålinger være problematiske og ha kritisk innvirkning på klinisk hverdag, ettersom vurdering av effekt av tiltak og behandling baseres på testresultater.

På grunn av vår studies begrensinger skal vi være forsiktige med å konkludere noe utover denne oppgaven. Selv om resultatet vårt er statistisk signifikant vil det ikke si at det er klinisk signifikant (Pripp, 2017).

5.4 Videre fagutvikling

Oxycon Pro er funnet både valid og reliabelt (Carter & Jeukendrup, 2002; Rietjens et al., 2001). Siden Vyntus CPX er en oppdatering av Oxycon Pro, skriver produsentene at også dette måleinstrumentet er valid og reliabelt (Timik Medical, u.å.; Vyair Medical, 2019). Om vi legger våre resultater til grunn ser vi tydelig behov for ytterligere forskning av validitet og reliabilitet for de aktuelle måleinstrumentene. Det hadde også vært interessant å sett flere studier som sammenligner verdier ved testing av maksimalt oksygenopptak på flere ulike måleinstrumenter.

For å få valide og reliable testsvar må drift og vedlikehold av måleinstrumenter være en innlagt rutine. O₂-analysatoren og samplings- og ekspirasjonsslangen må undersøkes, kvalitetssikres eller skiftes jevnlig. Det er nødvendig å undersøke hvor feilen i de aktuelle måleinstrumentene vi brukte i vår studie kan ligge. Ved store avvik mellom flere VO₂-systemer anbefales det å foreta en grundigere sjekk ved hjelp av en mekanisk lunge (vakumed) (Tønnesen et al., u.å.). Om det viser seg at det foreligger systematiske feil ved enten Oxycon Pro eller Vyntus CPX, må produsenten informeres.

6.0 Konklusjon

Studien vår viser at Oxycon Pro og Vyntus CPX målte ulike verdier for maksimalt oksygenopptak og ventilatoriske parametere ved VO₂-maks testing på tredemølle. Vyntus

CPX målte lavere verdier for oksygenopptak og minuttventilasjon, men høyere RER. Vyntus CPX tilfredsstiller derfor ikke kravet til validitet når måleverdiene sammenlignes med Oxycon Pro. Videre forskning er nødvendig for å se om resultatene blir de samme i et større testutvalg, finne eventuelle årsaker til variasjonen og om måleverdiene endrer seg med mer erfarne testledere.

7.0 Referanser

- Adams, V., Doring, C. & Schuler, G. (2008). Impact of physical exercise on alterations in the skeletal muscle in patients with chronic heart failure. *Frontiers in Bioscience*, 13, 302–311. <https://doi.org/10.2741/2680>
- Albouaini, K., Egred, M. & Alahmar, A. (2007). Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgraduate Medical Journal*, 83(985), 675–682. <https://doi.org/10.1136/hrt.2007.121558>
- Armstrong, L. E. & Costill, D. L. (1985). Variability of Respiration and Metabolism: Responses to Submaximal Cycling and Running. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56(2), 93–96. <https://doi.org/10.1080/02701367.1985.10608441>
- Arnesen, H. (2020, 21. mai). Kardiopulmonal. I *Store medisinske leksikon*. <http://sml.snl.no/kardiopulmonal>
- Bahr, R. (2020, 19. juni). Fysisk aktivitet. I *Store medisinske leksikon*. http://sml.snl.no/fysisk_aktivitet
- Bassett, D. R. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 70–84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Blair, S. N., Kohl, H. W. & Paffenbarger, R. S. (1989). Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 262(17), 2395–2401. <https://doi.org/doi:10.1001/jama.1989.03430170057028>
- Carter, J. & Jeukendrup, A. (2002). Validity and reliability of three commercially available breath-by-breath respiratory systems. *European Journal of Applied Physiology*, 86(5), 435–441. <https://doi.org/10.1007/s00421-001-0572-2>
- Carter, R. E. & Lubinsky, J. (2016). *Rehabilitation Research—Principle and Application* (5.). Elsevier.
- Chodzko-Zajko, W., Schwingel, A., & Chae Hee Park. (2009). Successful Aging: The Role of Physical Activity. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 3(1), 20–28. <https://doi.org/10.1177/1559827608325456>
- Clark, A. L., Poole-Wilson, P. A. & Coats, A. J. S. (1996). Exercise limitation in chronic heart failure: Central role of the periphery. *Journal of the American College of Cardiology*, 28(5), 1092–1102. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(96\)00323-3](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(96)00323-3)
- Cooper, C. B. & Storer, T. W. (2001). *Exercise testing and interpretation. A practical approach* (1. utg.). Cambridge University Press.
- Dahlum, S. (2021, 9. mars). *Validitet*. Store norske leksikon. <https://snl.no/validitet>
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving* (6. utgave). Gyldendal Akademisk.
- Drageset, S. & Ellingsen, S. (2009). *Forståelse av kvantitativ helseforskning—En introduksjon og oversikt*. 2(5). <https://core.ac.uk/download/pdf/52112278.pdf>

- Drexler, H. (1991). Reduced exercise tolerance in chronic heart failure and its relationship to neurohumoral factors. *European Heart Journal*, 12(suppl C), 21–28.
https://doi.org/10.1093/eurheartj/12.suppl_C.21
- Ekelund, L.-G., Haskell, W. L., Johnson, J. L., Whaley, F. S., Criqui, M. H., Sheps, D. S., & The Lipid Research Clinics Mortality Follow-up Study. (1988). Physical Fitness as a Predictor of Cardiovascular Mortality in Asymptomatic North American Men. *New England Journal of Medicine*, 319(21), 1379–1384. <https://doi.org/10.1056/NEJM198811243192104>
- Frøyd, C., Madsen, Ø., Tønnesen, E., Wisnes, A. R. & Aasen, S. B. (Red.). (2008). *Utholdenhet: Trening som gir resultater*. Akilles.
- Giæver, P. (2015). *Lungesykdommer* (3. utg). Universitetsforlaget.
- Gregory, R. J. (2000). *Psychological testing: History, principle, and application* (3. utg.). Allyn & Bacon.
- Groepenhoff, H., de Jeu, R. C. & Schot, R. (2017). Vyntus CPX compared to Oxycon pro shows equal gas-exchange and ventilation during exercise. *Respiratory Function Technologists/Scientists*, PA3002. <https://doi.org/10.1183/1393003.congress-2017.PA3002>
- Grønmo, S. (2004). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Fagbokforlaget.
- Gulati, M., Pandey, D. K., Arnsdorf, M. F., Lauderdale, D. S., Thisted, R. A., Wicklund, R. H., Al-Hani, A. J. & Black, H. R. (2003). Exercise Capacity and the Risk of Death in Women: The St James Women Take Heart Project. *Circulation*, 108(13), 1554–1559.
<https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000091080.57509.E9>
- Hauge, A. (2019, 16. september). Arbeid – fysiologi. I *Store medisinske leksikon*.
http://sml.snl.no/arbeid_-_fysiologi
- Hebestreit, H., Arets, H. G. M., Aurora, P., Boas, S., Cerny, F., Hulzebos, E. H. J., Karila, C., Lands, L. C., Lowman, J. D., Swisher, A., Urquhart, D. S. & Group, for the E. C. F. E. W. (2015). Statement on Exercise Testing in Cystic Fibrosis. *Respiration*, 90(4), 332–351.
<https://doi.org/10.1159/000439057>
- Helsebiblioteket. (2012). Ergospirometri hos barn. I *Helsebiblioteket.no*.
<https://www.helsebiblioteket.no/pediatriveiledere?key=144568&menuitemkeylev1=5962&menuitemkeylev2=5970>
- Hickey, M., Costill, D., McConell, G., Widrick, J. & Tanaka, H. (1992). Day to Day Variation in Time Trial Cycling Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 13(06), 467–470.
<https://doi.org/10.1055/s-2007-1021299>
- Hoppe, J. (2009). *Errors in VO2 Testing*. Vacumed.
<https://www.vacumed.com/images/Errors%20in%20VO2%20testing.pdf?fbclid=IwAR0Ts93ZJYBEk55WOyF5ykMPuBgSpOLsN1ykiWpgB5yeT4B3YmQ6g5ziLJ4>
- Håheim, L. L. (u.å.). *Utvalgsstørrelse, styrke*. Introduksjonskurset, forskerutdanningen, Nasjonalt kunnskapssenter for helsetjenesten, Oslo. Hentet 3. januar 2022 fra
<https://www.uio.no/studier/emner/medisin/med/MF9000/h09/kursmateriale/epidemiologiske-metoder/Utvalgsstørrelse,%20power%20H-09.pdf>

- Jamtvedt, G., Hagen, K. B. & Bjørndal, A. (2015). *Kunnskapsbasert fysioterapi. Metoder og arbeidsmåter*. Gyldendal Akademiske.
- Jones, A. M. & Carter, H. (2000). The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness: *Sports Medicine*, 29(6), 373–386. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001>
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2019). *Physiology of sport and exercise* (Bd. 7). Human Kinetics.
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N. & Sone, H. (2009). Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women: A Meta-analysis. *JAMA*, 301(19), 2024–2035. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.681>
- Kruk, B., Pekkarinen, H., Manninen, K. & Hänninen, O. (1991). Comparison in men of physiological responses to exercise of increasing intensity at low and moderate ambient temperatures. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62(5), 353–357. <https://doi.org/10.1007/BF00634972>
- Levine, B. D. (2008). Vo2max: What do we know, and what do we still need to know? *The Journal of Physiology*, 586(1), 25–34. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.147629>
- Loe, H., Rognmo, Ø., Saltin, B. & Wisløff, U. (2013). Aerobic Capacity Reference Data in 3816 Healthy Men and Women 20–90 Years. *PLoS ONE*, 8(5), e64319. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064319>
- Laake, P., Olsen, B. R. & Benestad, H. B. (2008). *Forskning i medisin og biofag* (2. utg.). Gyldendal Akademisk.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (2015). *Essentials of exercise physiology* (5. utg.). Lippincott Williams & Wilkins.
- MedCalc Statistical Software*. (2020). <https://www.medcalc.org>
- Miyashita, T., Okano, Y., Takaki, H., Satoh, T., Kobayashi, Y. & Goto, Y. (2001). Relation between exercise capacity and left ventricular systolic versus diastolic function during exercise in patients after myocardial infarction: *Coronary Artery Disease*, 12(3), 217–225. <https://doi.org/10.1097/00019501-200105000-00008>
- Mokkink, L. B., Terwee, C. B., Patrick, D. L., Alonso, J., Stratford, P. W., Knol, D. L., Bouter, L. M. & de Vet, H. C. W. (2010). The COSMIN study reached international consensus on taxonomy, terminology, and definitions of measurement properties for health-related patient-reported outcomes. *Journal of Clinical Epidemiology*, 63(7), 737–745. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.02.006>
- Myers, J. (2008). Principles of exercise prescription for patients with chronic heart failure. *Heart Failure Reviews*, 13(1), 61–68. <https://doi.org/10.1007/s10741-007-9051-0>
- Noonan, V. & Dean, E. (2000). Submaximal Exercise Testing: Clinical Application and Interpretation. *Physical Therapy*, 80(8), 782–807. <https://doi.org/10.1093/ptj/80.8.782>
- NTNU. (u.å.). *Kondiskalkulatoren*. NTNU. <https://www.ntnu.no/cerg/kondisjonstallene>

- Paffenbarger, R. S., Hyde, R. T., Wing, A. L., Lee, I.-M., Jung, D. L. & Kampert, J. B. (1993). The Association of Changes in Physical-Activity Level and Other Lifestyle Characteristics with Mortality among Men. *New England Journal of Medicine*, 328(8), 538–545. <https://doi.org/10.1056/NEJM199302253280804>
- Pallant, J. (2020). *SPSS Survival Manual* (7. utg). Open University Press.
- Peat, J. K., Williams, K., Xuan, W. & Mellis, C. (2001). *Health Science Research—A handbook of quantitative methods* (Bd. 1). Routledge.
- Polit, D. F. & Beck, C. T. (2010). *Essentials of Nursing Research: Appraising Evidence of Nursing Practice*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Potteiger, J. A., Gordon, N. & Pescatello, L. (2011). *ACSM's Introduction to Exercise Science* (1. utg.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Poulsen, M., Rokkedal-Lausch, T., Godsk Larsen, R., Pilegaard Thomsen, L., Franch, J. & Stieper Karbin, D. (2016). *VO₂, VCO₂ and VE between-day reliability of the Vyntus CPX metabolic cart during progressiv cycling* [Department of Health Science and Techonology, The faculty of Medicine, Center for Sensory-Motor Interaction Aalborg univeristet]. http://wp1191596.server-he.de/DATA/CONGRESSES/VIENNA_2016/ABSTRACTS/ePosters_2016/uploads/1490.pdf
- Pripp, A.H. (2017). Antalls- og styrkeberegninger i medisinske studier. *Tidsskrift for Den norske legeförening*. <https://tidsskriftet.no/sok?text=&author=pripp>
- Pripp, A.H. (2018). Validitet. *Tidsskrift for Den norske legeförening*. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.18.0398>
- Quanjer, P. H., Tammeling, G. J., Cotes, J. E., Pedersen, O. F., Peslin, R. & Yernault, J.-C. (1993). Lung volumes and forced ventilatory flows. *European Respiratory Journal*, 6(Suppl 16), 5–40. <https://doi.org/10.1183/09041950.005s1693>
- Quirion, A., Laurencelle, L., Paulin, L., Therminarias, A., Brisson, G. R., Audet, A., Dulac, S. & Vogelaere, P. (1989). Metabolic and hormonal responses during exercise at 20°, 0° and -20°C. *International Journal of Biometeorology*, 33(4), 227–232. <https://doi.org/10.1007/BF01051082>
- Rasch-Halvorsen, Ø., Hassel, E., Langhammer, A., Brumpton, B. M. & Steinshamn, S. (2019). The association between dynamic lung volume and peak oxygen uptake in a healthy general population: The HUNT study. *BMC Pulmonary Medicine*, 19(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s12890-018-0762-x>
- Rietjens, G. J., Kuipers, H., Kester, A. D. & Keizer, H. A. (2001). Validation of a Computerized Metabolic Measurement System (Oxycon-Pro®) During Low and High Intensity Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 22(4), 291–294. <https://doi.org/10.1055/s-2001-14342>
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Haug, E. (2014a). *Menneskets fysiologi* (2.). Gyldendal Akademisk.
- Sandsund, M., Saurset, V., Wiggen, Ø., Renberg, J., Færevik, H. & van Beekvelt, M. C. P. (2012). Effect of ambient temperature on endurance performance while wearing cross-country skiing clothing. *European Journal of Applied Physiology*, 112(12), 3939–3947. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2373-1>

- Sawka, M. N., Convertino, V. A., Eichner, E. R., Schnieder, S. M. & Young, A. J. (2000). Blood volume: Importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2), 332–348. <https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00012>
- Skjønsberg, O. H. (2019, 16. september). Diffusjonskapasitet. I *Store medisinske leksikon*. <http://sml.sn.no/diffusjonskapasitet>
- Skjønsberg, O. H. (2020, 11. mars). Gassutveksling. I *Store medisinske leksikon*. <http://sml.sn.no/gassutveksling>
- Skovlund, E. (2017). Når bør man velge en ikke-parametrisk metode? *Tidsskrift for Den norske legeforening*. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.17.0219>
- Sullivan, M. J., Knight, J. D., Higginbotham, M. B. & Cobb, F. R. (1989). Relation between central and peripheral hemodynamics during exercise in patients with chronic heart failure. Muscle blood flow is reduced with maintenance of arterial perfusion pressure. *Circulation*, 80(4), 769–781. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.80.4.769>
- Thomassen, M. (2006). *Vitenskap, kunnskap og praksis* (1. utg.). Gyldendal Akademisk.
- Timik Medical. (u.å.). *Vyntus CPX*. Hentet 26. februar 2021 fra <https://www.timik.no/vyntus-cpx/>
- Tønnesen, E., Hem, E., Svendsen, I., Larsen, E., V., Skaugen, M. & Solbakken, E. (u.å.). *Utholdenhetstester ved Olympiatoppen—Protokoller, måleinstrumenter, kalibreringsrutiner og sertifisering*. Olympiatoppen. https://www.olympiatoppen.no/fagstoff/testing/testing_av_utholdenhet/media53703.media
- Viasys Healthcare. (2004). *Oxycon Pro—The New Features* (CardioPulmonary Diagnostics). Viasys Healthcare. <https://www.ntnu.edu/documents/221360533/221362168/oxyp.pdf/91b256f4-97d7-4408-8eec-53869132a03d>
- Vyaire Medical. (2017). *Vyntus Spiro*. CareFusion. https://www.vyaire.com/sites/us/files/2019-10/VYR-US-1900124-Vyntus-Spiro-Brochure_FINAL_2.pdf
- Vyaire Medical. (2019). *Cardiopulmonary Exercise Testing. Special Edition*. Vyaire Medical. <https://intl.vyaire.com/products/vyntus-cpx-metabolic-cart>
- Wasserman, K. (1987). Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. *Circulation*, 76(6 Pt 2), VI29-39.
- Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., Stringer, W. W. & Whipp, B. J. (2005). *Principles of exercise testing and interpretation including pathophysiology and clinical application* (4th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying Test-Retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient and the SEM. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 231. <https://doi.org/10.1519/15184.1>
- Zelis, R., Longhurst, J., Capone, R. J., Mason, D. T. & Kleckner, R. (1974). A Comparison of Regional Blood Flow and Oxygen Utilization During Dynamic Forearm Exercise in Normal Subjects and Patients with Congestive Heart Failure. *Circulation*, 50(1), 137–143. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.50.1.137>

Zinner, C., Sperlich, B., Wahl, P. & Mester, J. (2015). Classification of selected cardiopulmonary variables of elite athletes of different age, gender, and disciplines during incremental exercise testing. *SpringerPlus*, 4(1), 544. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1341-8>

7.1 Bildereferanser

NTNU. (u.å.). *Kondiskalkulatoren*. NTNU. <https://www.ntnu.no/cerg/vo2max#tidlig%20d%C3%B8d>

Viasys Healthcare. (2004). *Oxycon Pro—The New Features* (CardioPulmonary Diagnostics). Viasys Healthcare.

<https://www.ntnu.edu/documents/221360533/221362168/oxypro.pdf/91b256f4-97d7-4408-8eec-53869132a03d>

Vyair Medical. (2017). *Vyntus Spiro*. CareFusion. https://www.vyair.com/sites/us/files/2019-10/VYR-US-1900124-Vyntus-Spiro-Brochure_FINAL_2.pdf

8.0 Vedlegg

8.1 Vedlegg 1: Informasjon til deltagerne

Takk for at du vil delta i forskningsprosjektet med formålet å kvalitetssikre to ulike måleinstrumenter ved måling av maksimalt oksygenopptak. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltagelse vil innebære for deg.

Formål:

I forbindelse med måling av maksimalt oksygenopptak som måll på maksimal arbeidskapasitet blir flere ulike typer testutstyr benyttet. Ved Haukeland Universitetssykehus og ved Høgskulen på Vestlandet benyttes både Oxycon Pro og CareFusion Vyntus CPX. Det er ønskelig fra disse aktørene å få sjekket at disse testapparatene måler samme verdi ved samme arbeid som ledd i validering av målingene.

Problemstilling:

Registrerer vi like maksimale verdier på maksimalt oksygenopptak (Vo_{2max}) hos friske unge individer ved bruk av måleapparatene Oxycon Pro og CareFusion Vyntus CPX?

Testutvalget er unge, frisk, frivillige personer som er villige til å la seg teste to ganger med løp på tredemølle til maksimal belastning. Vi fordeler deltagerne slik at like mange personer tester først på henholdsvis Oxycon og Vyntus.

Hva innebærer det for deg å delta?

Du må gjennomføre to Vo_{2max} -testen innenfor en tidsramme på 14 dager. Hver test vil vare i underkant av 45 minutter, med forberedelse. Modifisert Bruce protokoll benyttes ved begge testene. Før testen vil din vekt og høyde bli målt, og vi tar en spirometri som måler din lungefunksjon.

Modifisert Bruce Protokoll

Oppvarming inngår i selve testen

Testen starter med rolig gange uten stigning. De første tre minuttene øker stigningen fra 0% til 10%, deretter øker den med 1% for hvert minutt. Hastigheten øker irregulært med ca. 0,5km/t med samme tidsintervall som stigningen. Denne gradvise økningen pågår frem til utmattelse.

Hjertefrekvens blir målt under testen ved hjelp av pulsbelte.

Vi ønsker at begge testene blir utført med så like forutsetninger som mulig, for at vi skal kunne undersøke det problemstillingen vår handler om. Derfor ønsker vi at du:

Ikke har en kjent sykdom eller tilstand som kan påvirke resultatene.

Har ca. lik treningsmengde i dagene som leder til hver test

Helst ikke trener dagen før, og maks sone 1 om du skal trene utholdenhet. Møt opp uthvilt.

Spise et godt måltid ca. 2-3 timer før begge testene

Standardiser koffeininntaket før begge testene

Om du føler deg syk, gi beskjed og ikke møt opp. Har du gjennomgått virusinfeksjon siste 14 dager skal du heller ikke la deg teste.

Møt opp i joggesko og treningstøy, og ta med egen drikkeflaske.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet, og du kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du velger å trekke deg.

Alle opplysninger om deg vil bli anonymisert, og vi bruker bare opplysningene til formålet vi har fortalt om i dette skrivet. Det er kun prosjektleder, prosjektmedarbeider og studentene i bachelorprosjektet som skal ha tilgang til dataene dine. Navn og kontaktopplysninger vil bli erstattet med en kode som sammen med testresultatene blir lagret på HVL sin forskningsserver til studiet er avsluttet. Deltagerne vil ikke kunne gjenkjennes i bacheloroppgaven eller en eventuell publikasjon. Etter prosjektslutt slettes alle innsamlede data.


Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet har du rett til:

- Innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- Å få rettet personopplysninger om deg,
- Få slettet personopplysninger om deg,
- Få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet) og
- Å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke. På oppdrag fra Høgskulen på Vestlandet har Norsk senter for forskningsdata AS vurdert av behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

8.2 Vedlegg 2: Samtykkeerklæring



**Høgskulen
på Vestlandet**

Vil du delta i forskningsprosjektet

«Testing av maksimalt oksygenopptak på unge voksne; en sammenligning av måleinstrument ved VO₂-maksmåling på tredemølle»

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å se om to ulike måleinstrumenter som benyttes for å måle maksimalt oksygenopptak gir samme resultat. I dette skrevet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltagelse vil innebære for deg.

Formål
I forbindelse med måling av maksimalt oksygenopptak som mål på maksimal arbeidskapasitet blir flere ulike typer testutstyr benyttet. Ved Haukeland Universitetssykehus og ved Høgskulen på Vestlandet benyttes både Jeager Oxycon Pro og CareFusion Vyntus CPX. Det er ønskelig fra disse aktørene å få sjekket at disse testapparatene måler samme verdi ved samme arbeid som ledd i validering av målingene.

Problemstilling: Registrer vi like maksimale verdier på maksimalt oksygenopptak (VO₂-maks) hos unge friske individer ved bruk av måleapparatene Oxycon Pro og CareFusion Vyntus CPX?

Hvem er ansvarlig for prosjektet?
Dette er et forskningsprosjekt i forbindelse med at to studenter skal skrive en bacheloroppgave ved Høgskulen på Vestlandet. Høgskulen på Vestlandet er ansvarlig for prosjektet. Hvis resultatene er interessante, kan de danne grunnlag for en publikasjon i et fagtidsskrift.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?
Testutvalget er friske, unge, frivillige (18-30år) personer som er villige til å la seg teste to ganger ved løp på tredemølle til maksimal belastning. Testdeltagerne rekrutteres gjennom sosiale medier, via bekjente og gjennom utlysning på HVL. Rekkefølgen er randomisert og rekkefølgen er trukket.

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du kan når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert.

Hva innebærer det for deg å delta?

Du må gjennomføre to VO2-maks tester med innenfor en tidsramme på 14 dager med minst to dager hvile mellom testene. Hver test vil vare i underkant av 1 time. Modifisert Bruce protokoll benyttes ved begge testene.

Modifisert Bruce Protokoll

Oppvarming inngår i selve testen. Testen starter med rolig gange uten stigning. De første tre minuttene øker stigningen fra 0-10% deretter øker den ød 1% for hvert minutt. Hastigheten øker irregulært med samme tidsintervall som stigningen. Denne gradvise økningen pågår frem til utmattelse. Hjerterefrekvens blir målt under testen ved hjelp av pulsbelte.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysninger om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysninger konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det er kun prosjektleder, prosjektmedarbeider og studentene i bachelorprosjektet som skal ha tilgang til dataene dine. Navn og kontaktopplysningene dine vil bli erstattet med en kode som sammen med testresultatene blir lagret på HVL sine forskningsservere til studien er avsluttet. Deltakerne vil ikke kunne gjenkjennes i bacheloroppgave eller eventuell publikasjon.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Prosjektet skal etter planen avsluttes juni 2021. Etter prosjektslutt slettes alle innsamlede data.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamateriale, har du rett til:

- Innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg
- Å få rettet personopplysninger om deg
- Å få slettet personopplysninger om deg
- Få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Høgskulen på Vestlandet har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Vårt personvernombud: Personvernombud HVL. Email: personverneombud@hvl.no
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS. Email: personvertjenester@nsd.no eller telefon: 55 58 21 17

Med vennlig hilsen

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Testing av maksimalt oksygenopptak på unge voksne; en sammenligning av måleinstrument ved VO₂-maksmåling på tredemølle.»

Jeg har fått anledning til å stille spørsmål, og samtykker til:

å delta i begge testene for måling av maksimalt oksygenopptak

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca 31.06.2021

Signert av prosjektdeltager, dato

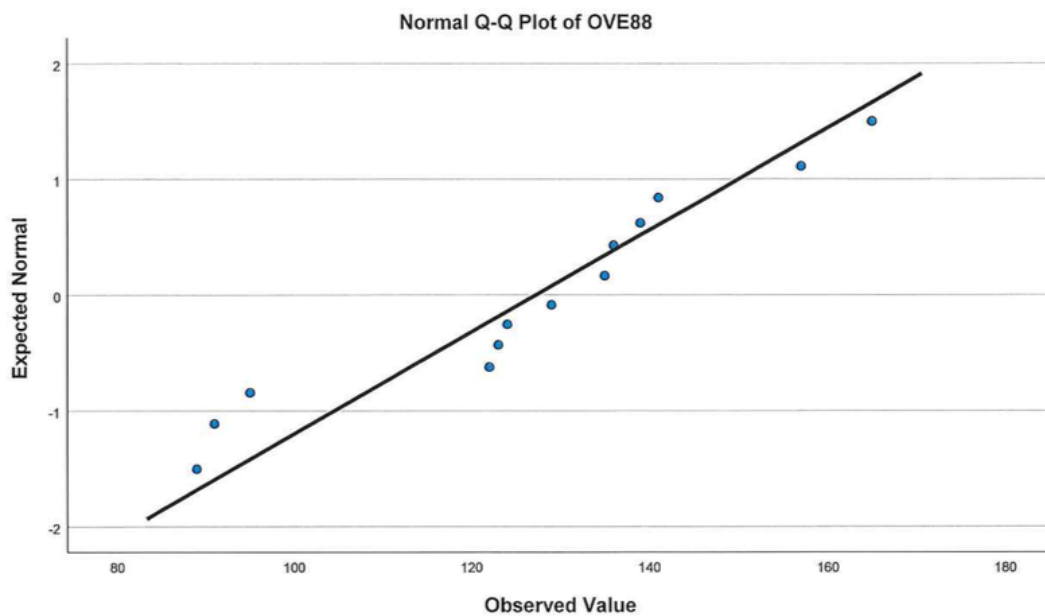
8.3 Vedlegg 3: Test av normalfordeling

Shapiro-Wilk test, visuelt vist ved Q-Q-plot. Analyser for normalfordelte data.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
OVE88	,195	14	,156	,924	14	,250
OVOml88	,165	14	,200*	,924	14	,252
ORER88	,154	14	,200*	,965	14	,811

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Figur 9: Shapiro-Wilk test med $p > 0,05$ viser normalfordeling av data. Målinger tatt på 8km/t 18% stigning.



Figur 10 : Q-Q-plott. Punktene viser de målte VO²-maks verdiene ved 8km/t 18% stigning. Målingene ligger tilfredstillende langs linjen.