



Høgskolen i Bergen

Masteroppgave

MFAKS514

Predefinert informasjon

Startdato:	13-05-2016 12:00	Termin:	2016 VÅR
Ausltningsdato:	18-05-2016 12:00	Karakterform:	Norsk 6-trinnskala (A-F)
SIS-kode:	MFAKS514 1 MGM	Studiepoeng:	60
Eksamensform:	Masteroppgave og muntlig eksamen		
Intern sensor:	Vegard luersen		

Student

Kandidatnr.: 254

Informasjon fra deltaker

Jeg godkjenner avtalen om Valgt
tilgjengeliggjøring av
masteroppgaven min i
BORA:



HØGSKOLEN
I BERGEN

BERGEN UNIVERSITY COLLEGE

Kardiorespiratorisk utholdenhet og evne
til oppmerksomhet hos skoleelever i
ung voksen-alder

Cardiorespiratory fitness and attentional
ability of students in young adulthood

Eivind Johannessen Wengard

Master i fysisk aktivitet og kosthold i et skolemiljø

Idrettsseksjonen

Avdeling for lærerutdanning

18.05.2016

Forord

Å planlegge og utforme et forskningsprosjekt fra begynnelse til slutt har vært en svært krevende men lærerik prosess. Grunntanken jeg begynte med var at jeg ville undersøke noe som involverte både kropp og hode, det fysiske og det psykiske. Det var også et mål å kunne benytte seg av det nye fysiologiske testlaboratoriet som idrettsavdelingen ved HiB kunne tilby. Fra disse grunntanktene begynte arbeidet med å sette seg inn i teori og forskning på området. Det ble fort klart at jeg ønsket å gå “all in”, og valgte derfor å ta på meg et relativt ambisiøst, men svært spennende prosjekt.

Arbeidet med å sette seg inn i teori og forskning begynte over et halvt år før selve masteroppgaven skulle påbegynnes, og sammen med planleggingsprosessen var dette perioden som la det grunnleggende fundamentet for en vellykket datainnsamling. Statistikk og analyser måtte i stor grad læres gjennom prøving og feiling noe som var krevende men svært lærerikt. Gjennomføringen av flere titalls pilot-tester på ulike kjente og ukjente før prosjektstart, i tillegg testene jeg utførte på rundt 70 elever i masterprosjektet, ga meg verdifull erfaring og kunnskap testutstyr og prosedyrer. Dette bidro nok også til at jeg etterhvert fikk en stilling som test-assistent på HiB, og har som en konsekvens av dette i skrivende stund vært involvert i flere spennende forskningsprosjekt.

Først vil jeg takke min hovedveileder Hilde Gundersen som hele veien har hatt troen på min gjennomføringsevne. Uten hennes utrolige kapasitet, entusiasme, kunnskap, og støttende ord ville nok prosessen ha vært umåtelig mye tyngre. Jeg vil også takke min medveileder Morten Kristoffersen spesielt for hans hjelp vedrørende kunnskap om fysiologi og testprosedyrer, og for troen på gjennomførbarheten. Takk også til Anette Harris for hennes innspill, støttende ord og interesse rundt prosjektet. Elevene som deltok i prosjektet fortjener en særskilt takk, uten deres interesse og velvilje til å stille opp og gi full innsats både i og iblant utenom skoletider og ved behov for re-testing, ville det ikke vært mulig å gjennomføre studien. Jeg vil også takke Cecilie Hannevig, samt mine medstudenter Esben Martinsen og Henrik Hysing-Dahl for deres bidrag i den krevende fysiologiske testprosessen.

Spesielt vil jeg også takke rektorer, lærere og koordinatorene ved de to skolene i prosjektet som ga meg tillatelse til å rekruttere elever samt det faktum at de ble gitt gyldig avsparring for å kunne være med på fysisk og kognitiv testing.

Jeg vil til slutt takke familie og venner for all støtte gjennom dette prosjektet. Vel lest!

Høgskolen i Bergen, mai 2016

Sammendrag

Bakgrunn: Tidligere forskning indikerer foreliggende sammenhenger mellom fysisk aktivitetsnivå og kognitiv funksjon. Fysisk aktivitet som øker kroppens evne til å ta opp og benytte seg av oksygen og som derfor øker evne til kardiorespiratorisk utholdenhet, har vist seg å kunne ha en fordelaktig påvirkning på kognitiv funksjon. Spesielt virker fordelene være fremtredende innen eksekutive domener som omhandler oppmerksomhetskontroll. Det er også mye som tyder på at økt fysisk aktivitet i skolehverdagen kan være gunstig for akademisk skoleprestasjon, og at en økt grad av fysisk aktivitet kan bidra til et økt læringsutbytte. Imidlertid har den største andelen av forskning på feltet så langt vært rettet mot eldre og barn. For unge voksne, som kognitivt sett er i sin beste alder, foreligger det imidlertid svært begrenset empiri, og det er tvetydige resultater på effekter fysisk aktivitet kan ha på kognitiv funksjon i denne aldersgruppen.

Hensikt: Formålet med studien er å undersøke om det foreligger en sammenheng mellom kardiorespiratorisk utholdenhet, målt ved maksimalt oksygenopptak ($\dot{V}O_{2max}$), og evne til oppmerksomhet over tid hos skoleelever i ung voksen-alder, og samtidig diskutere hvordan dette kan relateres til skole og læring.

Problemstilling: Foreligger det en sammenheng mellom kardiorespiratorisk utholdenhet og evne til oppmerksomhet over tid, hos mannlige skoleelever i ung voksen-alder?

Metode: Et tverrsnittsdesign ble benyttet. Kardiorespiratorisk utholdenhet og evne til oppmerksomhet over tid ble kartlagt hos 54 unge mannlige elever (17.9 ± 0.9 år, 71.5 ± 11.2 kg, 181.9 ± 7.0 cm). For å kartlegge kardiorespiratorisk utholdenhet foretok elevene en $\dot{V}O_{2max}$ - test på tredemølle. En visuell oppmerksomhetstest basert på Posner-paradigmet, ble benyttet for å avgjøre evne til oppmerksomhet over tid ved å måle reaksjonstid (RT), reaksjonsnøyaktighet og evne til inhibisjon ved ulike typer stimuli. Et spørreskjema ble benyttet for å kartlegge ulike kontrollvariabler. Datainnsamling foregikk ved to separate tidspunkt for hver elev over en periode på 6-uker. I analysene ble testen delt i to like deler for å kunne evaluere forskjeller i prestasjon som en følge av test-lengde. Lineære multiple regresjonsanalyser ble benyttet for å undersøke effekter fra $\dot{V}O_{2max}$ opp mot de ulike stimuli kategoriene mens det også ble justert for kontrollvariabler.

Resultater: Elevene hadde en gjennomsnittlig $\dot{V}O_{2max}$ på $54,2 \pm 4,9$ mL•kg⁻¹•min⁻¹, og resultatene fordelte seg mellom 41,9 - 66,7 mL•kg⁻¹•min⁻¹. Gjennomsnittlig reaksjonstid i den

kognitive testen var lavest for stimulkategorien “gyldig forhåndsvarsel” (293 ± 28 msek), fulgt av “ugyldig forhåndsvarsel” (353 ± 35 msek) og ”ingen forhåndsvarsel” (376 ± 31 msek). Feilaktige responser var *lavest* for stimulkategorien “gyldig signal” ($5,1 \pm 4,8\%$) og høyest for stimulkategorien “ugyldig signal” ($8,6 \pm 7,4\%$). Parede t-tester viste en signifikant økning av RT og feilprosent fra første til siste halvdel av den kognitive testen for alle stimulkategoriene ($p = <0.001$). Lineære multiple regresjonsanalyser viste at $\dot{V}O_{2max}$ forklarte den største delen av variasjonen i resultatene for den mest komplekse stimulkategorien “ugyldig forhåndsvarsel”. Det var en signifikant negativ korrelasjon mellom $\dot{V}O_{2max}$ og RT ved denne stimulkategorien, for hele testen. Dette gjaldt både før ($\beta = -.287, p = 0.035$), og etter ($\beta = -.296, p = 0.046$) at det ble justert for kontrollvariablene *feil, opplagthet før testen, tid brukt på elektroniske spill (daglig) og nikotin (daglig bruk)*. Den sterkeste korrelasjonen ble funnet i den siste delen av testen, dette gjaldt både før ($\beta = -.323, p = .017$), og etter ($\beta = -.335, p = .023$) at det ble justert for kontrollvariabler. Det ble ikke funnet signifikante korrelasjoner mellom $\dot{V}O_{2max}$ og RT for de andre stimulkategoriene.

Konklusjon: Funnene er i tråd med forskning som har antydnet positive assosiasjoner mellom kardiorespiratorisk utholdenhet og kognitiv funksjon hos unge voksne, spesifikt innen evne til oppmerksomhetskontroll over tid. $\dot{V}O_{2max}$ ble også funnet å være negativt korrelert med mental trøtthet på komplekse stimuli som krever økte kognitive ressurser. En litteraturgjennomgang tyder også på at fysisk aktivitet kan være fordelaktig for akademisk skoleprestasjon.

Implikasjoner: Studien supplerer en allerede svært begrenset empiri på området rundt fysisk aktivitet og kognitiv funksjon hos unge voksne, og resultatene kan ha implikasjoner for fremtidig forskning, og fokusområder. Flere studier er nødvendig for å vurdere forholdet mellom $\dot{V}O_{2max}$ og oppmerksomhet, og hvordan dette relaterer seg til mental trøtthet som en konsekvens av krevende langvarige oppgaver. Fremtidig forskning som i tillegg undersøker i hvilken grad evne til oppmerksomhetskontroll har overføringsverdi til akademisk skoleprestasjon, kan gi økt kunnskap rundt hvordan skolehverdagen bør legges opp for best å legge til rette for læring.

Nøkkelord: *Kardiorespiratorisk utholdenhet, oppmerksomhet, unge voksne, skoleelever, VO_{2max} , reaksjonstid, inhibisjon, akademisk prestasjon*

Abstract

Background: Prior research indicates present relationships between physical activity and cognitive function. Physical activity that increases the body's ability to take up and utilize oxygen, and therefore increases the ability of cardiorespiratory endurance, has been shown to have beneficial effects on cognitive function. These benefits seem to be particularly prominent within executive domains concerning attentional control. Additionally, there are strong indications suggesting that increased physical activity can be beneficial also for academic school performance, and that an increased level of physical activity may improve learning outcomes. However, the largest share of research in this area has been directed towards the elderly and children. For young adults considered to be in their cognitive prime, however, there is very limited empirical evidence, and findings are both ambiguous and inconsistent in terms of the effects physical activity can have on cognitive function, in this age group.

Aim: The purpose of this study is to investigate whether there is an association between cardiorespiratory fitness, as measured by maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$), and the ability of prolonged attention in young adult students, and simultaneously discuss how this may relate to school and learning.

Research question: Is there an association between cardiorespiratory fitness and ability of prolonged attention in young adult students?

Methods: Using a cross-sectional design; the cardiorespiratory fitness and attentional ability of 54 young male adults (17.9 ± 0.9 years, 71.5 ± 11.2 kg, 181.9 ± 7.0 cm) was assessed. Participants performed a direct measure of maximal oxygen uptake using a graded treadmill-protocol to determine $\dot{V}O_{2max}$. A visuospatial attention test employing a Posner-paradigm cueing task was used to determine reaction time (RT), accuracy and cognitive inhibition following different types of stimuli. A questionnaire was used to identify and chart various control variables. Data was collected in two separate occasions for each participant during a 6-week period. In analyses, the test was divided to investigate differences due to test-length. Linear multiple regression analyses, adjusting for covariates, was used to investigate the effects from $\dot{V}O_{2max}$ on the different stimuli categories.

Results: The students had a mean $\dot{V}O_{2max}$ score of 54.2 ± 4.9 mL \cdot kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$, and the results were distributed between 41.9 to 66.7 mL \cdot kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$. The lowest reaction time (RT) was

registered for the stimuli category “valid cue” (293 ± 28 msec), followed by “invalid cue” (353 ± 35 msec) and “no cue” (376 ± 31 msec). Errors were lowest for the stimuli category “valid cue” (5.1 ± 4.8 %) and highest for “invalid cue” (8.6 ± 7.4 %). Paired sample t-tests showed that time on task had a negative impact on performance in all stimuli categories ($p < 0.001$). Linear multiple regression analyses adjusting for erroneous responses, subjective alertness, daily time spent on video games, and daily nicotine use showed that higher $\dot{V}O_{2max}$ was associated with lower RT for the most complex stimuli category “invalid cue”. This applied for the whole test with crude and adjusted values of $\beta = -.287$, $p = 0.035$ and $\beta = -.296$, $p = 0.046$, respectively, and for the last part of the test where the strongest correlation was found, with crude and adjusted values of $\beta = -.323$, $p = .017$ and $\beta = -.335$, $p = .023$, respectively. There was no significant association between $\dot{V}O_{2max}$ and RT for the other stimuli categories.

Conclusions: The findings correspond with research suggesting positive associations between cardiorespiratory fitness and cognitive function in young adults, specifically within attentional domains of inhibitory control. Also, $\dot{V}O_{2max}$ was inversely correlated to mental fatigue following cognitively demanding and complex stimuli. A literature review also suggests that physical activity may be beneficial for academic school achievement.

Implications: The study contributes to an already very limited empirical data regarding physical activity and cognitive function in young adults. The results may have implications for future research, and areas of focus. More studies are needed to further assess this relationship between $\dot{V}O_{2max}$ and attentional tasks demanding inhibitory control, and how this relates to mental fatigue as a consequence of time on task. Future research should also examine the extent to which the ability of attention control has relevance for academic school performance as this can provide more information about how school life could be organized to best facilitate learning.

Keywords: *Cardiorespiratory fitness, attention, young adults, students, VO2max, reaction time, inhibition, academic performance*

Innholdsfortegnelse

Figur – og tabelloversikt

1.0 INTRODUKSJON	1
1.1 Avgrensning av problemfelt	2
2.0 TEORI	3
2.1 Fysisk aktivitet og kardiorespiratorisk utholdenhet.....	3
2.1.1 Begrensende faktorer for $\dot{V}O_{2max}$ - sentrale og perifere komponenter	3
2.2 Kognitiv funksjon	5
2.3 Oppmerksomhet, reaksjonsevne og kognitiv inhibisjon	5
2.3.1 Top-down og bottom-up prosesser.....	5
2.3.2 Reaksjonsevne	6
2.3.3 Kognitiv inhibisjon	7
2.4 Fysisk aktivitet og kognitiv funksjon.....	8
2.4.1 Fysisk aktivitet og kognitiv funksjon – hos yngre og eldre	8
2.5 Medierende mekanismer	9
2.5.1 Cerebral blodgjennomstrømning	10
2.5.2 Nevroplastisitet og nevrotrofiske faktorer	10
2.6 Fysisk aktivitet og skoleprestasjon	11
3.0 METODE.....	12
3.1 Utvalg.....	13
3.2 Prosedyrer	13
3.2.1 Rekruttering og godkjenninger.....	13
3.2.2 Testing og målinger	14
3.3 Dag A: Fysisk testdag	14
3.3.1 Kroppssammensetningsanalyse	15
3.3.2 Test av det maksimale oksygenopptaket	15
3.3.3 Borg-skala	19
3.4 Dag B: Kognitiv testdag.....	19
3.4.1 Kognitiv prestasjonstest	19
3.4.2 Gjennomgang av oppmerksomhetsprosesser i testen.....	21
3.5 Spørreskjema	22
3.5.1 Opplagthet.....	22
3.5.2 ADHD og dysleksi.....	23
3.5.3 Elektroniske spill.....	24

3.5.4 Nikotin	24
3.6 Analyse av datamateriale	24
3.6.1 Deskriptiv og inferentiell statistikk	25
3.6.2 Datamateriale og målenivå	25
3.6.3 Analyser	25
4.0 RESULTATER	27
5.0 DISKUSJON.....	28
5.1 $\dot{V}O_{2max}$ og kognitiv prestasjonstest	28
5.1.1 Kontrollvariabler.....	29
5.2 Kognitiv prestasjonstest og testvarighet.....	30
5.3 Kardiorespiratorisk utholdenhet	33
5.4 Problematisering av begrepet “kognitiv funksjon”	34
5.5 Styrker og svakheter.....	35
5.6 Konklusjon	37
5.6.1 Implikasjoner	37
6.0 LITTERATURLISTE	38

Figur – og tabelloversikt

Figur 1. Sentrale og perifere komponenter involvert i kardiorespiratorisk utholdenhetsprestasjon.	4
Figur 2. Klassifisering av ulike grupper oppmerksomhetsprosesser: Top-down og Bottom-up	6
Figur 3. Test-sekvens for Dag A og Dag B.....	14
Figur 4. Kognitiv prestasjonstest	20

Artikkel

Vedlegg I: Kvittering og tilrådninger fra Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste

Vedlegg II: Informert samtykkeerklæring

Vedlegg III: Spørsmål etter fysisk testing (Borg-skala)

Vedlegg IV: Spørreskjema

1.0 INTRODUKSJON

Fysisk aktivitet kan i en bred forstand defineres som det å bevege seg og å bruke kroppen (Helsedirektoratet, 2015), eller mer spesifikt som: “all kroppslig bevegelse produsert av skjelettmuskulatur som resulterer i en vesentlig økning av energiforbruket utover hvilenivå” (Bouchard, Shepard & Stephens, 1993, s. 11). En fysisk aktiv livsstil er assosiert med en redusert risiko for å utvikle en rekke alvorlige sykdommer som diabetes type 2, fedme, slag og hjertelidelser (Bahr, 2009; Garber et al., 2011; Paffenbarger, Wing & Hyde, 1978), og ser også ut til å kunne ha en forebyggende og behandlende effekt på *psykiske* lidelser som blant annet angst og depresjon (Bahr, 2009; Bibeau, Moore, Mitchell, Vargas-Tonsing & Bartholomew, 2010; Martinsen, 2008). I tillegg er det mye som tyder på at det kan foreligge en sammenheng mellom nivået av fysisk aktivitet og kognitiv funksjon (Smith et al., 2010), og at fysisk aktivitet kan bidra positivt til akademisk skoleprestasjon (Singh, Uijtdewilligen, Twisk, Van Mechelen & Chinapaw, 2012; Trudeau & Shephard, 2008).

Nivået av fysisk aktivitet er imidlertid i endring blant unge i Norge, og i følge en rapport utført av Helsedirektoratet (2014) er det fysiske aktivitetsnivået i dag urovekkende lavt, og ser ut til å være stadig synkende. Aktivitetsnivået ser ut til å holde seg stabilt fra voksen-alder, men det er hos de unge voksne at det ser ut til å være lavest, med en høyere grad av stillesitting. Da den tradisjonelle undervisningen i den norske videregående skole hovedsakelig er lagt opp som teoretiske forelesninger (Jordet, 2010, s. 233), vil dette sette kognitive krav til elevers evne til å holde fokus og oppmerksomhet på læringsoppgaver, over lengre tid. Økt kunnskap om sammenhenger mellom fysisk aktivitetsnivå/kapasitet og kognitiv funksjon som evne til oppmerksomhet, kan derfor bidra til kunnskapsgrunnlag rundt hvordan skolehverdagen kan legges opp i skolen, for best å legge til rette for læring.

Flere studier viser positive effekter av fysisk aktivitet på kognitiv funksjon hos voksne og eldre, med et noe mindre fokus i litteraturen på utviklende hjerner hos barn og ungdom (Garber et al., 2011; Hillman et al., 2006). Forskning på *unge voksne* er imidlertid svært begrenset på dette området, i tillegg er forskningen preget av en rekke ulike målemetoder og definisjoner av kognitiv funksjon (Seippel, Sisjord & Strandbu, 2016). Review-studier avslører imidlertid at det er resultater som tyder på at det kan være en positiv sammenheng mellom fysisk aktivitet og kognitiv funksjon også for denne aldersgruppen, men at funnene på unge voksne ofte er tvetydige (Biddle & Asare, 2011; Hayes, Forman & Verfaellie, 2014). Det er med andre ord et behov for mer kunnskap rundt fysisk aktivitet og kognitiv funksjon hos unge voksne (Guiney & Machado, 2013), hvor også definisjoner av fysisk aktivitet og

kognitiv funksjon sammen med benyttede målemetoder, i større grad må spesifiseres for å kunne avdekke mulige sammenhenger, og samtidig gjøres til gjenstand for sammenligning med andre studier (Etnier et al., 1997; Seippel et al., 2016).

Forskning tyder på at fysisk aktivitet kan ha en betydning for læring i skolen, og det er de siste årene gjennomført mange studier på hvordan fysisk aktivitet kan bidra til kognitive fordeler på dette området. Flere storskala-prosjekter og review-studier har vist at det å gi tid fra teoretiske fag til fysisk aktivitet i kroppsøving ikke har hatt negativ påvirkning på skoleprestasjonen i disse fagene (Dwyer, Coonan, Leitch, Hetzel & Baghurst, 1983; Sallis et al., 1999; Shephard, 1997; Shephard, Lavallee, Volle, LaBarre & Beaucage, 1994), men at det i de fleste tilfeller ble vist forbedret akademisk prestasjon som følge av intervensjonene. Dette er det motsatte av hva man vanligvis kunne forventet med tanke på mindre tid til læring i disse fagene (Trudeau & Shephard, 2008). Også her i Norge er det nylig satt i gang et storskala-prosjekt, nemlig “ASK-studien” (Active Smarter Kids) som involverer 1200 elever fra 58 skoler. Formålet er å blant annet undersøke om det er en sammenheng mellom fysisk aktivitet og skoleprestasjoner, og utføres gjennom en intervensjon som involverer daglig fysisk aktivitet i skolen.

1.1 Avgrensning av problemfelt

Tidligere forskning indikerer en sammenheng mellom kardiorespiratorisk utholdenhet og kognitiv funksjon, og at denne sammenhengen virker være sterkere ved komplekse oppgaver som krever en høyere grad av viljestyrt evne til oppmerksomhet og undertrykkelse av distraksjoner (Colcombe & Kramer, 2003; Guiney & Machado, 2013; Jensen, 2006). Målinger av kardiorespiratorisk utholdenhet målt gjennom maksimalt oksygenopptak ($\dot{V}O_{2max}$) har vist seg å være en god indikator på fysisk aktivitetsnivå, og er i stor grad styrt av fysiske aktivitetsvaner (Atomi, Iwaoka, Hatta, Miyashita & Yamamoto, 1986; McArdle, Katch & Katch, 2015). En høy grad av fysisk aktivitet er også vist å kunne påvirke fysiologiske prosesser i hjernen som er assosiert med kognitiv funksjon generelt, spesielt virker dette gjelde evne til selektiv oppmerksomhetskontroll hos unge voksne (Guiney & Machado, 2013). Det foreligger imidlertid svært begrenset empiri rundt hvordan kardiorespiratorisk utholdenhet påvirker kognitive funksjoner når det gjelder denne aldersgruppen. Formålet med studien er derfor å undersøke om det foreligger en sammenheng mellom kardiorespiratorisk utholdenhet, målt ved $\dot{V}O_{2max}$, og evne til oppmerksomhet hos skoleelever i ung voksen-alder (18 år), og samtidig diskutere hvordan dette kan relateres til skole og læring.

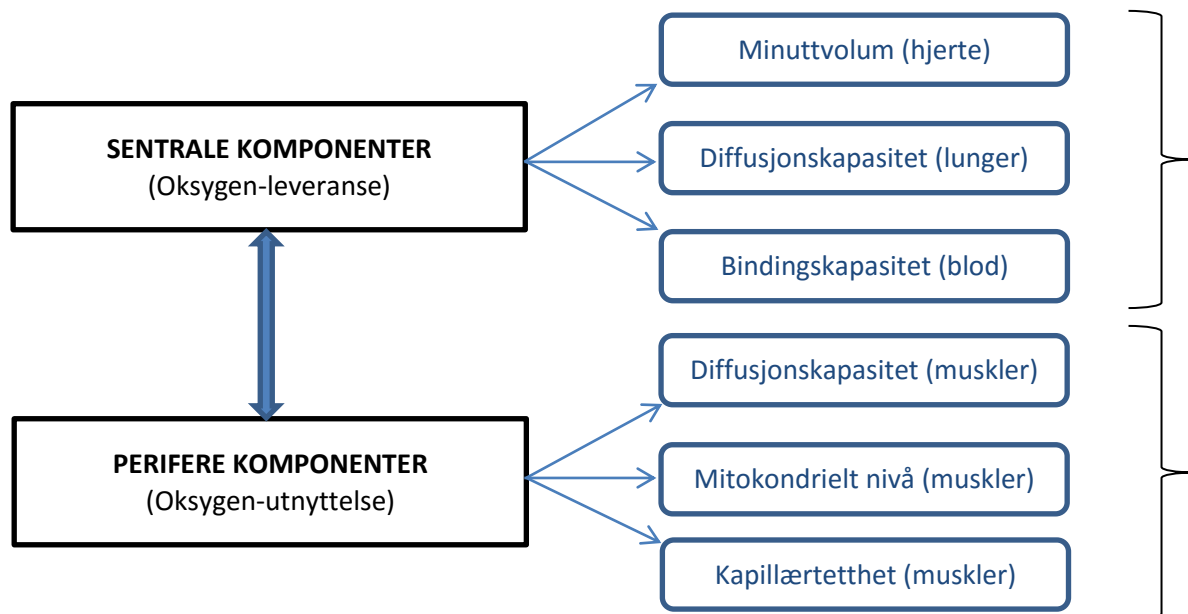
2.0 TEORI

2.1 Fysisk aktivitet og kardiorespiratorisk utholdenhet

Det maksimale oksygenopptaket; $\dot{V}O_{2max}$, er generelt akseptert som den beste fysiologiske variabelen for å avgjøre kardiorespiratorisk, kardiovaskulær og aerob utholdenhet (Greenberg, Dintiman & Oakes, 2004; Kenney, Wilmore & Costill, 2015, s. 263). Disse begrepene brukes ofte synonymt da de alle relaterer seg til evnen hjerte, lunger og blodårer har til å ta opp, transportere og levere oksygen til musklene, og i hvilken grad muskulaturen klarer å benytte seg av oksygenleveransen (Hyde & Gengenbach, 2007, s. 196). $\dot{V}O_{2max}$ er i stor grad styrt av fysiske aktivitetsvaner (McArdle et al., 2015, s. 849) og har vist seg å gi en god indikasjon på fysisk aktivitetsnivå ved moderat og høyere intensitet (60% av $\dot{V}O_{2max}$) (Atomi et al., 1986). Resultatet på en slik test avhenger av og begrenses av både *sentrale* og *perifere* komponenter (Figur 2). Det er generelt akseptert at fysisk aktivitet med en høyere intensitet gir større forbedringer av $\dot{V}O_{2max}$ enn ved en lavere intensitet (Gormley et al., 2008; Helgerud et al., 2007; Tabata et al., 1996), imidlertid kan også signifikante forbedringer finne sted selv ved relativt lave intensiteter over tid. I studiet til Gormley et al. (2008) ble det vist at så lite som 50% intensitet (av $\dot{V}O_{2max}$) over 6 uker gav en signifikant 10% økning i $\dot{V}O_{2max}$ hos deltakerne, som ved baseline hadde et relativt likt utgangsnivå.

2.1.1 Begrensende faktorer for $\dot{V}O_{2max}$ - sentrale og perifere komponenter

Det er hovedsakelig i de *sentrale* komponentene den største begrensningen ligger, og det er herfra oksygen blir transportert og levert til de arbeidende musklene. Disse komponentene er: *hjertets* minuttvolum (slagvolum x hjertefrekvens), *lungenes* diffusjonskapasitet, og *blodets* bindingskapasitet for O_2 , som er avhengig av mengden hemoglobin per liter blod (Frøyd, Madsen, Tønnessen, Wisnes & Aasen, 2005, s. 26). Den største begrensningen kan her attribueres det maksimale minuttvolum, og i følge Cerretelli og Prampero (1987) kan minuttvolumet stå for så mye som 70-85% av begrensningen.



Figur 1. Sentrale og perifere komponenter involvert i kardiorespiratorisk utholdenhetsprestasjon.

De *perifere* komponentene av $\dot{V}O_{2max}$ involverer de arbeidende musklens evne til å trekke ut og benytte seg av oksygenet som det kardiorespiratoriske systemet, altså den *sentrale* komponenten, har transportert (Robergs & Roberts, 1997). De *perifere* komponentene inkluderer muskeldiffusjons-kapasitet, mitokondrielle enzymnivåer og kappillærtetthet (Bassett & Howley, 2000). Mer spesifikt vil faktorer som myoglobin-nivå, antall og størrelse på mitokondrier samt muskelfiberstørrelse og distribusjon av blodstrøm til aktiv muskulatur, være bestemmende for henholdsvis muskeldiffusjons-kapasiteten og transporten av oksygen til arbeidende muskulatur, i de perifere komponentene (Armstrong & Welsman, 1994; Frøyd et al., 2005, s. 26; McArdle et al., 2015, s. 236). For at testen skal kunne si noe om ens faktiske $\dot{V}O_{2max}$ er det viktig at en slik test benytter en stor del av kroppens totale muskelmasse, for slik å sørge for at ens $\dot{V}O_{2max}$ begrenses av ens kardiovaskulære system, og ikke av muskulær utmattelse. Dette virker logisk da det som nevnt er i hjertets minuttvolum man finner den største begrensningen i $\dot{V}O_{2max}$ (McArdle et al., 2015, s. 237; Rowell, 1974, s. 80). En omfattende gjennomgang av 62 studier ble utført av Shvartz og Reibold (1990) for å kartlegge $\dot{V}O_{2max}$ -normer hos befolkningen mellom 6 og 75 år. En inndeling basert på resultatene ble gitt i 7 ulike kategorier fra "svært dårlig" (7) til "utmerket" (1). Gjennomsnittet hos unge voksne mellom 18-20 år viste seg her å ligge på mellom 46-50 mL•kg⁻¹•min⁻¹.

En høy score på $\dot{V}O_{2max}$ ser ut til å være assosiert med forbedringer i kognitive funksjoner via bedret prosesshastighet, større volum på blant annet hippocampus, samt en bedret eksekutiv funksjonalitet i hjernen. Flere studier har også funnet den sterkeste

korrelasjonen mellom kognitiv funksjon, målt som akademisk prestasjon, hos elever med høy aerob utholdenhet (Keeley & Fox, 2009; Åberg et al., 2009).

2.2 Kognitiv funksjon

Kognisjon er et begrep som er relatert til alle de mentale evner og prosesser i hjernen som omhandler blant annet: persepsjon (sans oppfatning), oppmerksomhet, bevissthet, læring, hukommelse, emosjoner og intelligens (Svartdal, 2012; Teigen, 2012). Kognitiv funksjon defineres og kategoriseres av Biddle og Asare (2011) som a) IQ eller intelligens, b) kognitive ferdigheter som konsentrasjon og oppmerksomhet, og c) skoleprestasjoner. Ulike definisjoner av kognitiv funksjon har gjennom lang tid vært en utfordring når det gjelder studier som undersøker sammenhenger mellom fysisk aktivitet og kognitiv funksjon (Etnier et al., 1997). Kognitiv funksjon i denne studien vil hovedsakelig dreie seg om *kognitive ferdigheter* innen evne til oppmerksomhet, inhibisjon og reaksjonsevne, samtidig som det også vil bli diskutert rundt hvordan de nevnte ferdighetene kan relatere seg til læring og *skoleprestasjoner*.

2.3 Oppmerksomhet, reaksjonsevne og kognitiv inhibisjon

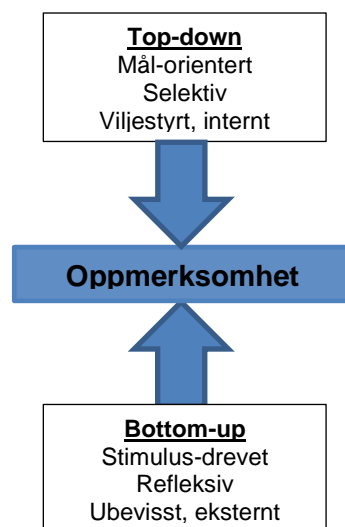
Det finnes mange definisjoner av oppmerksomhet, men oppsummert kan man si at oppmerksomhet henviser til de prosessene som involverer vår evne til å velge blant konkurrerende informasjon/data/stimuli for slik å styre hukommelsen, responser eller aktuelle tanker mot *noe* innhold fremfor annet innhold (Friedman, Klivington & Peterson, 2013, s. 81). Oppmerksomhet kan derfor sees på som en intern kontroll eller regulator av kognitiv aktivitet (Posner & Friedrich, 1986). En del av det å rette sin oppmerksomhet mot *noe* innhold fremfor annet, vil være påvirket av ens evne til å kunne filtrere ut og ignorere stimuli som er irrelevant i forhold til innholdet eller arbeidsoppgaven foran en; såkalt kognitiv inhibisjon (MacLeod, 2007). Kognitiv inhibisjon har blitt sett på som en krevende aktiv prosess som setter krav til et økt energiforbruk i hjernen (Dempster, 1995). I en hverdag hvor sansene konstat utsettes for ulike sensoriske inntrykk, vil det å ha evne til å fokusere sin oppmerksomhet mot enkelte relevante inntrykk foran andre mer irrelevante inntrykk kunne være en viktig egenskap. I en skolehverdag hvor læring står sentralt, vil man kunne argumentere for at denne egenskapen er svært nyttig for å kunne opprettholde fokus på relevant informasjon i forhold til læringssituasjonen.

2.3.1 Top-down og bottom-up prosesser

Det skiller ofte mellom to typer underliggende prosesser av oppmerksomhet som styrer ens totale oppmerksomhetskontroll, nemlig såkalte “top-down” og “bottom-up” prosesser (Figur

1) (Carrasco, 2011; Pinto, van der Leij, Sligte, Lamme & Scholte, 2013; Vecera & Rizzo, 2003). Top-down som også kalles mål-orientert, selektiv eller endogen oppmerksomhet, refererer til en bevisst viljestyrt tildeling av oppmerksomhet, eksempelvis mot visse områder eller objekter man kan få i oppgave å fokusere - og reagere på. Hovedsakelig foregår dette ved at hjernen da benytter seg av allerede eksisterende informasjon og forventninger, for slik å kunne tolke innkommende sensorisk informasjon. På den andre siden har man bottom-up som er en såkalt stimulus-drevet, reflektiv form for oppmerksomhet, også kalt eksogen oppmerksomhet. Oppmerksomhet ser nemlig ikke ut til å være utelukkende viljestyrt, og ens oppmerksomhet kan derfor trekkes mot fremtredende eller fremtredende og iøynefallende stimuli selv om man ikke på forhånd har hatt noe hensikt i å reagere på dette (Schreij, Owens & Theeuwes, 2008). Denne prosessen omhandler i så måte bearbeidelse av sensorisk informasjon når den treffer og behandles av sensoriske strukturer i hjernen.

I visuospatielle tester som forsøker avdekke evne til oppmerksomhet, er man ofte avhengig av å benytte seg av – og finne en balanse mellom begge disse prosessene for å kunne reagere hensiktsmessig på den gitte oppgaven man har foran seg (Vecera & Rizzo, 2003).



Figur 2. Klassifisering av ulike grupper oppmerksomhetsprosesser: Top-down og Bottom-up

2.3.2 Reaksjonsevne

Reaksjonsevne defineres av olympiatoppens Bråten og Andersen (2013) som: “evne til å raskt igangsette hensiktsmessige motoriske aksjoner på signal”. Det dreier seg da generelt om evnen til å oppfatte og reagere på stimuli på en riktig og hurtig måte. Reaksjonstid (RT) kan defineres som den tiden som forløper fra en sansepåvirkning oppfattes, til en bevisst reaksjon

på dette utløses, og denne kan avhenge av blant annet individets oppmerksomhet og nivå av trøtthet (Hauge, 2009).

Det intrikate samarbeidet som foregår mellom områder i hjernen fra et stimulus blir presentert til en reaksjon foreligger ved en såkalt simpel reaksjonstest, involverer flere underliggende mekanismer. Å reagere på en så simpel oppgave som det å trykke raskest mulig på en knapp når en får presentert et synsstimuli på en skjerm, vil involvere et samarbeide mellom sanseapparatet, hjerne og muskler. Noe forenklet vil synsintrykk komme gjennom øyet, gå via thalamus som mottar aksoner fra synsnerven, og ende på synsbarken. Herfra vil et signal videresendes via thalamus, og derfra til den hensiktsmessige delen i den motoriske storhjernebarken som kontrollerer muskelbevegelser i hånden. Thalamus kan i så måte betraktes som en slags koblingsstasjon for sanseintrykk i hjernen. Signalet sendes så videre via pyramidebanene i medulla oblongata (den forlengede marg) og dernest til ryggmargen som transporterer signalet via sentralnervesystemet og ut i motoriske nerver koblet til muskulatur i hånden. Man utfører slik den planlagte bevegelsen (Sand, Sjaastad & Haug, 2001, s. 133-139; 192-193).

2.3.3 Kognitiv inhibisjon

Kognitiv inhibisjon som ofte også kalles impulshemming, vil i en reaksjonstest dreie seg om hjernens evne til undertrykkelse av irrelevante stimuli i forhold til oppgaven man har foran seg (MacLeod, 2007). Dersom én eller flere distraktorer inkluderes i reaksjonstesten vil en større grad av evne til oppmerksomhet kreves. Dette vil nemlig sette krav til å kunne holde fokus på relevante stimuli samtidig som man aktivt undertrykker irrelevante stimuli. I en visuell oppmerksomhetstest kan man se på det som evne til å benytte viljestyrte top-down prosesser for å aktivt undertrykke refleksive bottom-up prosesser som presenteres ved én eller flere iøynefallende distraktorer. Kognitiv inhibisjon vil involvere et noe større samarbeide av ulike deler i hjernen enn det som fordres gjennom en simpel reaksjonstest. Spesielt vil også områder i den fremre delen av pannelappen, nemlig den prefrontale cortex (PFC) i større grad involveres i prosessen (Blasi et al., 2006). PFC involveres i eksekutive (utøvende) funksjoner som krever en høyere grad av oppmerksomhet, planlegging og gjennomføring av oppgaver (Abdullaev, Bechtereva & Melnichuk, 1998; Malt, 2015; Nylenna, 2007, s. 290).

Det finnes flere forskjellige visuelle tester som måler ulike eksekutive funksjoner spesifikt innen oppmerksomhetsevne, og disse testene kan inneholde stimuli med ulik vanskelighetsgrad. Noen av disse testene er: "Stroop" testen (Stroop, 1935), "Eriksen Flanker" testen (Eriksen & Eriksen, 1974) og "Posner" testen (Posner, 1980). Testene kan gi

innsikt i grunnleggende kognitive prosesser innen selektiv oppmerksomhet og evne til inhibisjon av distraksjoner. En reaksjonstest som benytter seg av Posner paradigmet (Gundersen, Helland, Raeder, Hugdahl & Wester, 2007; Posner & Cohen, 1984) vil kreve en større grad av oppmerksomhet og fordre beslutningsprosesser som evne til inhibisjon hos testsubjektet, enn ved en simpel reaksjonstest. Dette vil også derfor også kreve et mer intrikat samarbeid mellom PFC og de tidligere nevnte områdene. Hos mennesker er PFC svært utviklet sammenlignet med hos andre pattedyr. Den utgjør rundt 30% av den totale cerebrale cortex hos mennesker mens den hos sjimpanser utgjør rundt 17% og kun 3,5% hos katter (Fuster, 1989). Det er også den siste hjerneregionen som når full utvikling og modning samtidig som det er den første regionen som eldes (Dempster & Corkill, 1999).

2.4 Fysisk aktivitet og kognitiv funksjon

Det ser ut som fysisk aktivitet og en høyere grad av kardiorespiratorisk utholdenhet kan ha en positiv påvirkning på ulike deler av hjernen særlig innen områder knyttet til eksekutive funksjoner (Barnes, Yaffe, Satariano & Tager, 2003; Gomez-Pinilla & Hillman, 2013; Guiney & Machado, 2013). Eksekutive funksjoner omhandler som nevnt blant annet prosesser som står for vurdering og utføring av handlinger, deriblant kognitiv inhibisjon. Disse eksekutive funksjonene er derfor i stor grad involvert i oppmerksomhet, og styres i stor grad av områder i pannelappen, som PFC (Kane & Engle, 2002; Knight, Staines, Swick & Chao, 1999). Fysisk aktivitet ser altså ut til å kunne bidra til en økt grad av kognitiv kontroll rundt evne til oppmerksomhet og inhibisjon av irrelevant informasjon (Colcombe & Kramer, 2003; Smith et al., 2010). Individuer som er aktive eller i god fysisk form ser også ut til å kunne inneha en evne til å bedre tilpasse sin oppmerksomhetsevne mot miljøet rundt seg, samtidig som de også virker å kunne bearbeide informasjon raskere (Gomez-Pinilla & Hillman, 2013).

2.4.1 Fysisk aktivitet og kognitiv funksjon – hos yngre og eldre

Det har blitt foreslått at kroppslig bevegelse, spesielt hos unge barn, kan stimulere kognitiv utvikling (Leppo, Davis & Crim, 2000; Tomporowski, Davis, Miller & Naglieri, 2008), og det har blitt antydnet at systematisk fysisk aktivitet vil kunne gi større totale forandringer i hjernefunksjon hos barn enn hos voksne (Hillman, Castelli & Buck, 2005). Gjennom eksperimentell forskning er det blant annet vist at den eksekutive funksjonen, som hovedsaklig utvikles gjennom barne og ungdoms-årene, blir positivt påvirket gjennom fysisk aktivitet (Best, 2010). I et review-studie av Chaddock, Pontifex, Hillman og Kramer (2011) pekes det også på kognitive fordeler ved fysisk aktivitet hos barn, og at fysisk aktivitet både er assosiert en høyere grad av kognitive fordeler i tillegg til forandringer i både hjernestruktur

og funksjon, noe som også virker å kunne forutsi fremtidig kognitiv funksjon. Det foreligger imidlertid mange tvetydige resultater i tillegg til mange ulike benyttede definisjoner og målemetoder også på denne aldersgruppen, noe som gjør det vanskelig å konkludere med hvordan kognitiv funksjon påvirkes av fysisk aktivitet hos barn (Sibley & Etnier, 2003).

Ettersom man blir eldre vil også de kognitive prosessene eldes og man vil kunne oppleve en viss nedgang i kognitive funksjoner som følge av denne kognitive aldringen; såkalt kognitiv svikt (Dietrichs & Gjerstad, 2007, s. 116; Newson & Kemps, 2008). Det er anslått at minst 10 prosent av personer over 65 år, og hele 50 prosent av personer over 85 år har en slags form for kognitiv svekkelse (Jorm & Jolley, 1998). Det er nemlig mye som tyder på at kognitiv aldring fører til en nedgang i hukommelse og eksekutive funksjoner som blant annet evne til inhibisjon, som er involvert i oppmerksomhet (Goh, An & Resnick, 2012; Hayes et al., 2014). Imidlertid ser det ut som om denne kognitive aldringen til en viss grad kan påvirkes positivt gjennom fysisk aktivitet, dette kalles den “kognitive reserve-hypotesen” (Newson & Kemps, 2008). Hypotesen antyder blant annet at hjernens evne til plastisitet muliggjør en slags bremsing av de kognitive aldringsprosessene i hjernen.

At funnene på samspillet mellom fysisk aktivitet og kognitiv funksjon hos unge voksne som nevnt innledningsvis er tvetydige, kan være fordi at man i ung voksen alder relativt sett regnes å være i sin beste alder hva gjelder kognitivt funksjonsnivå (Guiney, Lucas, Cotter & Machado, 2015), og at effekter fra en miljøpåvirkning som fysisk aktivitet blir vanskeligere å måle og krever særlig sensitive og objektive målemetoder. Det er imidlertid funn som tyder på at det finnes sammenhenger mellom kardiorespiratorisk utholdenhet fordelaktige påvirkninger av kognitiv funksjon, også i denne aldersgruppen (Themanson, Pontifex & Hillman, 2008). Enkelte funn tyder også på at denne påvirkningen kan være domene-spesifikt (Newson & Kemps, 2008), noe som betyr at ulike kognitive domener påvirkes i ulik grad hos eldre i forhold til yngre voksne, og at en mer nøyaktig måling av spesifikke kognitive domeners sammenheng med fysisk aktivitet kan være hensiktsmessig for å ytterligere avdekke de medierende mekanismene som ligger til grunn for dette.

2.5 Medierende mekanismer

Mekanismene som ligger bak de positive effektene fysisk aktivitet ser ut til å kunne bidra med hva gjelder kognitiv funksjon er blitt nøye studert de senere årene, og mekanismene kan hovedsakelig deles inn i to hovedgrupper: fysiologiske mekanismer, og lærings- og utviklingsmekanismer (Sibley & Etnier, 2003). De fysiologiske mekanismene tyder i stor grad

på at den positive påvirkningen oppstår gjennom et intrikat samspill av flere ulike faktorer som hovedsakelig omhandler: økt blodgjennomstrømning til hjernen, såkalt cerebral blodgjennomstrømning (CBF), sammen med en økt utskillelse av ulike hormoner og neurotransmittere/signalstoffer som trolig kan bidra til nevronal plastisitet i hjernen over tid. Lærings- og utviklingsmekanismene omhandler det at bevegelse og fysisk aktivitet kan bidra til læringsopplevelser som kan støtte oppunder, og kanskje til og med være nødvendig for hensiktsmessig kognitiv utvikling (Sibley & Etnier, 2003).

Det er imidlertid verdt å påpeke at forskningen på området fremdeles er omstridt og at det så langt ikke kan konkluderes for hvilken grad ulike typer fysisk aktivitet og underliggende mekanismer medierer og bidrar til kognitiv funksjon.

2.5.1 Cerebral blodgjennomstrømning

Fysisk aktivitet ser ut til å kunne ha en direkte påvirkning på hjernen ved å bidra med en økt oksygentransport til denne gjennom en økt CBF, og slik skape en økt oksygenmetning i hjernen (Kramer et al., 1999; McArdle et al., 2015, s. 348; Rogers, Meyer & Mortel, 1990; S. N. Thomas, Schroeder, Secher & Mitchell, 1989). I et studie som involverte unge voksne ble det vist at fysisk aktivitet også så ut til å kunne forbedre reguleringen av CBF i hjernen og at dette så ut til å være assosiert med en større kontroll hva gjelder evne til oppmerksomhet og kognitiv kontroll ved inhibisjon hos deltakerene (Guiney et al., 2015). Dyrestudier har også påvist at fysisk aktivitet kan bidra til dannelsen av kappillærer (angiogenese) i hjernen ved å bidra til en økt utskillelse av ulike vekststoffer som blant annet insulin-lik vekstfaktor 1 (IGF-1), som modererer utskillelsen av vaskulær endotel vekstfaktor (VEGF); et viktig molekyl hva gjelder økt angiogenese (Kramer & Erickson, 2007). En av funksjonene til de nyutviklede blodårene er å bidra med leveranse av næring til eksisterende eller nylig utviklede nevroner, og fysisk aktivitet kan trolig slik bidra til økt overlevelse av celler samt celledeling, noe som blant annet har vært relatert til bedret læring hos rotter (Van Praag, Kempermann & Gage, 1999).

2.5.2 Nevroplastisitet og nevrotropiske faktorer

Hjernens evne til plastisitet kalles ofte nevroplastisitet, og omhandler hovedsakelig hjernens tilpasningsdyktighet, som er den evnen nevronene i hjernen har til å tilpasse seg gjentatte stimuli over tid (Malenka, Nestler, Hyman, Sydor & Brown, 2009, s. 5), eller i en bredere forståelse er det muligheten hjernen har til å tilpasse strukturelle og funksjonelle forandringer relatert til nervesystemet (Fuchs & Flügge, 2014). Stimuli kan komme i mange former, og en miljøfaktor som fysisk aktivitetsnivå, og da spesielt innen aerob aktivitet, ser ut til å kunne

bidra med stimuli blant annet gjennom spesielt å øke produksjonen av såkalte nevrotropiske faktorer (også kjent som BDNF) i hjernen, noe som i stor grad ser ut til å kunne bidra til den nevroplastisiteten man kan oppleve gjennom fysisk aktivitet (Gomez-Pinilla & Hillman, 2013; McArdle et al., 2015, s. 448; Szuhany, Bugatti & Otto, 2015; Tarumi & Zhang, 2014).

Nevrotropiske faktorer er familier av ulike proteinforbindelser som er involvert i signaloverføring i hjernen og som kan bidra til både dannelse av nye – samt beskyttelse av eksisterende nevroner (Skaper, 2012). En økning av slike nevrotropiske faktorer ser ut til å kunne bidra til nevrogenese, som er dannelsen av nye nevroner i hjernen, og dette forekommer også i voksen alder (Malenka, Nestler & Hyman, 2009; Seki, Sawamoto, Parent & Alvarez-Buylla, 2011). Det er også i dyrestudier vist at IGF-1, som bidrar til angiogenese, i tillegg ser ut til å kunne bidra med nevrogenese, da spesielt i hippocampus, som er et område i hjernen som hovedsaklig har funksjoner knyttet til hukommelse (LLorens-Martin, Torres-Aleman & Trejo, 2009; Trejo, Carro & Torres-Alemán, 2001).

Gjennomgang av studier indikerer at fysisk aktivitet kan bidra til en volumøkning av såkalt grå substans (en type nerveceller) og hvit substans (koblingene mellom nervecellene) i flere ulike områder av hjernen som er assosiert med kognitiv funksjon. Områdene som viser størst volumøkning av grå substans er PFC, som tidligere nevnt primært er assosiert med blant annet kognitiv kontroll og oppmerksomhet, samt hippocampus som er assosiert med hukommelse (Draganski et al., 2004; Erickson, Leckie & Weinstein, 2014; Gomez-Pinilla & Hillman, 2013; Scholz, Klein, Behrens & Johansen-Berg, 2009). Studier indikerer også at nevrogenese kan ha en positiv effekt på læring og hukommelse i voksen alder (Bekinschtein, Cammarota & Medina, 2014; Neves, Cooke & Bliss, 2008).

Det er også tegn til at neurotransmittere som blant annet serotonin og hormonet noradrenalin kan bidra til en økt læring og informasjonsprosessering i hjernen (Kubesch et al., 2003; McMorris, Collard, Corbett, Dicks & Swain, 2008; Winter et al., 2007), men mye tyder på at disse substansene i større grad ser ut til å gi *indirekte* effekter på plastisitet gjennom en modulering av blant annet stress og humør via belønningssystemer i hjernen (Jhaveri et al., 2010).

2.6 Fysisk aktivitet og skoleprestasjon

I følge Kirkendall (1986) ble det på 1950 og 1960-tallet utført mange studier som utforsket sammenhenger mellom kropp og sinn, trolig i stor grad for å forsvare kroppsøvingfaget i skolen. Etterhvert ble det tydelig at de fysiske fordelene man kunne oppnå gjennom fysisk aktivitet i kroppsøvingfaget var svært fremtredende og synlig, noe som bidro til å legitimere

kroppsøvningsfaget. Det var derfor ikke lenger et like stort behov for å begrunne faget ut fra kognitive fordeler assosiert med fysisk aktivitet. Diskursen om fagets relevans i skolen er imidlertid gjenopptatt de senere årene og det virker igjen være et behov for å forsvare faget i skolen. Argumenter mot faget dreier seg ofte rundt budsjettkostnader til blant annet utstyr og fasiliteter, men også på det at faget “stjeler tid” fra mer teoretiske og akademiske fag (Sibley & Etnier, 2003).

Som nevnt innledningsvis er det mange studier som tyder på at det å øke graden av fysisk aktivitet gjennom kroppsøving ved å benytte tid fra andre akademiske fag kan være positivt assosiert med akademisk skoleprestasjon (Rasberry et al., 2011; Singh et al., 2012; Trudeau & Shephard, 2008), og at en lavere grad av fysisk aktivitet i skolehverdagen, foruten negative effekter på motoriske ferdigheter og helse, også ser ut til å være assosiert med *dårligere* akademiske skoleprestasjoner (Ericsson, 2003; Ericsson & Karlsson, 2014; Åberg et al., 2009). Spesielt er det fire storskala-prosjekter som de siste årene har undersøkt effekten fysisk aktivitet kan ha på skoleprestasjon: SPARK-prosjektet (Sallis et al., 1999), Sør-Australia studien (Dwyer et al., 1983), Vanves prosjektet (Shephard, 1997) og Trois Rivieres studien (Shephard et al., 1994). Til tross for at det i disse prosjektene ble gitt timer fra teoretiske fag til kroppsøving ble det funnet signifikante forbedringer i skoleprestasjon i tre av studiene, mens det i Sør-Australia studien ikke ble funnet signifikante forskjeller i skoleprestasjon, noe som i seg selv kan sies å være et positivt funn. Det må også nevnes positive funn av en 9-årig intervensjonsstudie på skolebarn i Sverige hvor fysisk aktivitetsnivå i skolehverdagen ble vist å ha en sammenheng med bedre karakterer. Imidlertid ble signifikante funn hos guttene ikke vist i samme grad hos jentene i studien (Ericsson & Karlsson, 2014).

3.0 METODE

Denne studien er godkjent av Personvernombudet for forskning, Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS (NSD) (ref. nr. 44551). Alle deltagende elever skrev under på informert samtykke før deltakelse i studien og de kunne trekke seg fra studien når som helst, dersom ønskelig. Datainnsamling foregikk i perioden 21. september - 02. november, 2015. Datamateriale ble lagret eksternt på forskningsserveren ved HiB, og på pc beskyttet med passord, i tråd med NSD sine retningslinjer. Elevene ble også anonymiserte med ID-nr., og kodenøkkel ble lagret adskilt fra disse

3.1 Utvalg

Et tverrsnittsdesign ble benyttet i studien. Av totalt 88 elever som mottok informasjon om studien ved to ulike skoler, ønsket til sammen 66 elever å delta. Det var en deltakelsesprosent på henholdsvis 72% og 79% ved de to skolene. Alle elevene gikk studiespesialiserende linje på tredje året i den videregående skolen. Av elever som valgte å delta, gjennomførte totalt 54 elever begge testene tilfredsstillende for videre analyser. Elevene hadde en alder på $17,9 \pm 0,9$ år med en vekt og høyde på henholdsvis $71,5 \pm 11,2$ kg og $181,9 \pm 7,0$ cm, med en fettprosent på $12,2 \pm 5,6$ % og en prosentvis muskelmasse på $49,9 \pm 3,6$ %. Da det ikke var i denne studiens hensikt å undersøke kjønnsmessige forskjeller ble det tatt et valg om å kun teste unge menn, for slik å få en mest mulig homogen gruppe kjønnsmessig da kjønns spesifikke analyser ville krevd et mye større antall elever. Det var ikke et absolutt behov for laktatmålinger gjennom blodprøve fra finger i den fysiske testingen (Armstrong & Welsman, 1994), det ble derfor ikke vurdert som hensiktsmessig i studien, noe som trolig også bidro til å ivareta deltakernes velferd i tråd med Helseforskningsloven (Helseforskningsloven, 2008, §5 2. ledd). For å undersøke hvor stort antall deltakere som måtte rekrutteres for at forventete forskjeller i utvalget skulle kunne være signifikante, ble det foretatt en styrkeberegning som indikerte et behov for rundt 60 elever.

Alle elever som på spørreskjema oppga å ha astma, ble i ettertid ekskludert ettersom graden av astma ikke var kjent. Mange astmatikere med milde lidelser kan utvikle og inneha en høy $\dot{V}O_{2max}$, men dersom luftveisobstruksjonen er av en noenlunde høy grad kan deres maksimale ventilasjonsevne (VE_{max}) være hemmet av dette, noe som potensielt kan hemme deres $\dot{V}O_{2max}$ resultater og ikke gi et representativt bilde av deres faktiske $\dot{V}O_{2max}$ (Freeman, Williams & Nute, 1990). Det vil kunne antas at dersom ikke arbeidende muskulatur får levert nok O_2 eller kvittet seg med nok CO_2 grunnet en submaksimal ventilasjon (VE) som følge av luftveisobstruksjoner, så vil dette kunne være hemmende ved arbeidsintensiteter hvor VE i høy grad blir utfordret. Imidlertid ser det ut til å være en viss usikkerhet knyttet til dette i milde til moderate tilfeller (Clark & Cochrane, 1988).

3.2 Prosedyrer

3.2.1 Rekruttering og godkjenninger

Informasjon om master-prosjektet ble sendt til rektor ved to ulike videregående skoler i Hordaland via e-post. Et møte ble så arrangert hvor planlegging og godkjenning av prosedyrer, samt muligheter for gyldig fravær for de elevene som ønsket å delta i prosjektet ble diskutert med sentrale ledere som: gymlærere, rektorer og fagkoordinatorer. Godkjenning

ble gitt for 2 timers gyldig fravær fra gymtimer for å delta i prosjektet, samt 30 minutters gyldig fravær fra eventuelle andre skoletimer elevene måtte befinne seg i når de ble satt opp til kognitiv testing. Et klart behov for både trente/aktive og utrente/inaktive ble kommunisert til elevene da det var av metodisk viktighet å forsøke dekke så store deler av spekteret i det som utgjør en elev i den videregående skolen hva gjelder fysiske og kognitive nivå/evner og vaner.

3.2.2 Testing og målinger

Alle elevene fikk innledningsvis muntlig informasjon om studien, og fikk deretter utdelt et informert samtykke som så ble underskrevet av de elevene som ønsket å delta i studien. All informasjon videre, om oppmøte og testprosedyrer, ble så gitt elevene gjennom meldinger på mobiltelefon. Testing av elevene foregikk over en periode på 6 uker (uke 39 til uke 45), og ble gjennomført i to uavhengige omganger for alle elevene; én dato for fysisk testing (Dag A) og én dato for kognitiv testing (Dag B), i den rekkefølgen (Figur 3). Testing foregikk i all hovedsak i puljer fra kl. 08.30-10.00 og 12.00-15.00, med få unntak. All fysisk testing ble gjennomført på fysiologisk testlaboratorium ved Høgskolen i Bergen (HiB). Kognitiv testing foregikk hovedsakelig på elevenes respektive skoler med unntak av 4 elever som gjennomførte kognitiv testing ved HiB.

Dag A: Fysisk testdag	Dag B: Kognitiv testdag
1. Generell informasjon	1. Generell informasjon
2. Kroppssammensetningsanalyse	2. Spørreskjema
3. Oppvarming	3. Prøveforsøk på kognitiv prestasjonstest
4. $\dot{V}O_{2max}$ -test	4. Kognitiv prestasjonstest
5. Utfylling av Borg-skala	

Figur 3. Test-sekvens for Dag A og Dag B

3.3 Dag A: Fysisk testdag

Elevene ble bedt om å ikke trene dagen før de fysiske testene samt å ikke spise innen en time før testing, da dette ville kunne påvirke resultatet (Olympiatoppen, 2013). Før testing ble elevene også bedt om å gjennomføre et toalettbesøk for å kvitte seg med overflødig kroppsvæske/avføring. Hver enkelt elev ble i tillegg spurt om de var diagnostisert med sykdommer/lidelser/lyter som ville kunne ekskludere dem fra å bli testet. Det var da

hovedsakelig problematikk som var relatert til det kardiorespiratoriske systemet (hjerte/lungesykdommer) som var av interesse å avdekke, da dette systemet ville bli direkte belastet under testing. Sykdom den siste uken ble også kartlagt, sammen med en eventuell varighet av sykdomsforløpet, med hovedfokus på faktorer som eventuelt ville kunne påvirke testresultatet.

3.3.1 Kroppssammensetningsanalyse

En kroppssammensetningsanalyse (KSA) ble foretatt gjennom bioelektrisk-impedans måling, på et InBody720-apparat. Apparatet er tidligere validert gjennom flere studier hvor ulike aldersgrupper, kroppstyper og kjønn er tatt høyde for (Aandstad, Holtberget, Hageberg, Holme & Anderssen, 2014; Lim et al., 2009; Ling et al., 2011). Apparatet kan gi såpass nøyaktige og reliable målinger av kroppssammensetning at det er relevant å benytte dette til analyser i blant annet epidemiologiske undersøkelser (Gibson, Holmes, Desautels, Edmonds & Nuudi, 2008; Tompuri et al., 2015). En kroppshøydemåling av hver enkelt elev ble gjennomført med høydemåler montert på vegg før KSA ble gjennomført, høyderegistreringen fra denne ble registrert på InBody720-apparatet for hver enkelt. Målinger av kroppsvekt i kg, kroppsfett i %, og total muskelmasse (SMM) ble ansett som relevante parametere for senere analyser. Under plotting ble SMM regnet om til % av kroppsvekt.

For å standardisere testprosedyren og oppnå en gyldig KSA måtte elevene blant annet ha utført et toalettbesøk like før testen, ha vært i en oppreist stilling i minst 5 minutter, samt ikke ha spist den siste timen før testing (Biospace, 2008; InBody, 2008). KSA ble gjennomført barføtt med shorts/bukse og t-skjorte, i en stående posisjon. Elevene ble bedt om å stå på apparat-plattformen med føttene på elektrodene, og med hendene på håndtak- elektrodene før de inntok utgangsposisjon for analysen, med abduerte armer. Kroppsvekt ble målt og registrert av apparatet og ID, høyde og kjønn ble plottet manuelt. Apparatet var automatisk innstilt på å subtrahere 1kg fra registrert kroppsvekt grunnet ekstra vekt fra tøy.

3.3.2 Test av det maksimale oksygenopptaket

Elevene utførte en løpetest for å avdekke sin $\dot{V}O_{2max}$. En $\dot{V}O_{2max}$ -test er generelt akseptert som gullstandard for å avgjøre funksjonelle grenseverdier i ens kardiorespiratoriske system, og samtidig ens funksjonelle fysiologiske kapasitet for fysisk aktivitet (McArdle et al., 2015, s. 236). Testen måler kort sagt i hvilken grad kroppen evner å ta opp og benytte seg av oksygen. Måling av $\dot{V}O_{2max}$ innehar samtidig en svært liten døgnvariasjon og har en høy reliabilitet (Rowell, 1974, s. 79). En direkte måling av $\dot{V}O_{2max}$ er å foretrekke, og i følge McArdle et al. (2015, s. 242) bør man være forsiktig med å bruke estimer av $\dot{V}O_{2max}$ ut fra indirekte

målinger. En objektiv måling av kardiorespiratorisk utholdenhet gir et mer nøyaktig bilde av forholdet mellom fysisk aktivitet og kognitiv funksjon enn det man ville oppnådd gjennom en selvrappoterering av fysisk aktivitet (Schembre & Riebe, 2011).

Oksygenopptaket ble målt gjennom en datamaskin som var koblet til et metabolsk system med et 4,2L miksekammer med ledeplater (Oxycon Pro, Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany). Nøyaktigheten på både O₂- og CO₂ gass-analysene var på 0,05% (data oppgitt av leverandør). To slike individuelle system ble benyttet, og begge var på forhånd krysskalibrert og viste ingen signifikante forskjeller i forhold til hverandre. Målinger av oksygenopptak ($\dot{V}O_2$) og dertilhørende parametere som det respiratoriske åndedrettsforholdet (RER), makspuls (HR_{max}), lungeventilasjon (VE), samt oksygenventilasjon i liter per minutt (O₂ L•min⁻¹) ble foretatt og lagret kontinuerlig med 30 sekunders mellomrom. I tillegg ble avslutningshastighet (km•t⁻¹) notert. To tredemøller (Woodway – PPS 55, USA) ble benyttet i testingen, i tillegg til disse ble en stormølle (Rodby RL3500E, Sweden) benyttet til oppvarming ved større elevgrupper. Elevene fikk påsatt et elastisk pulsbelte med registreringsbrikker Polar t31-coded eller Polar wearlink-coded (Polar Electro, Oslo, Norge), før oppvarming, og en pulsklokke (Polar RS400) festet til tredemøllen registrerte hjertefrekvens kontinuerlig. Normalt ble 1-2 elever testet samtidig på to tilsvarende tredemøller.

Oppvarmingsprotokoll

Oppvarmingen hadde en varighet på 7-10 minutter avhengig av individuell fysisk form, og ble gjennomført med en stigning på 1,7% og en starthastighet på 4-5 km•t⁻¹. Ifølge Shephard (1984) vil en kortfattet oppvarming kunne redusere risikoen for skader i skjelettmuskulatur samt begrense muligheten for elektrokardiografiske uregelmessigheter samtidig som det vil kunne gi bedre verdier på en $\dot{V}O_{2max}$ -test. Under oppvarming styrte testleder hastigheten på tredemøllen og økte denne gradvis til eleven oppnådde en jevnt økende puls i området 55-72% av aldersberegnet makspuls (sone 1). Farten ble etterhvert gradvis økt til eleven oppnådde en puls i området 73-82% (sone 2).

Testprotokoll

For å avdekke elevenes $\dot{V}O_{2max}$ ble en standard "trappetest" (Hem & Leirstein, 2013-2015) også kalt "rask rampe" - protokoll (Schwellnus, 2009, s. 186) benyttet. Dette er en progressiv fartsprotokoll med stigning på tredemølle. En slik testprotokoll går ut på at belastningen øker på fastsatte tidspunkt med faste belastningstrinn, i dette tilfellet med 1 km•t⁻¹ per minutt og en 5,3% stigningsgrad på tredemøllen. Protokollen var manuelt styrt av testleder, da det mot en

testslutt ville kunne være aktuelt å tilpasse farten til hver enkelt elevs individuelle og frivillige utmattelsesnivå. Testvarigheten lå vanligvis mellom 4-8 minutter. Ved denne protokollen når eleven frivillig utmattelse i løpet av relativt kort tid. Dersom utmattelse skjer *for* tidlig kan dette i følge Schwellnus (2009) påføre deltakeren en for stor intensitet for tidlig i forhold til det å nå sitt maksimale minuttvolum, og vil dermed risikere å ikke få utfordret sin faktiske maksimale kapasitet grunnet muskulær utmattelse. Denne faktoren ble imidlertid minimert ved å overholde en god oppvarmingsprotokoll, slik at det kardiorespiratoriske systemet ville oppleve en noenlunde jevn overgang i arbeidsmengde fra oppvarming til teststart, og slik da oppnå en forlenget testvarighet som trolig ikke ville gå for mye på bekostning av det muskulære systemet.

Som nevnt er minuttvolumet er i følge Cerretelli og Prampero (1987) den viktigste sentrale faktoren som avgjør en persons maksimale oksygenopptak, og det foreligger i følge Katch, Mcardle og Katch (2011, s. 330) en direkte sammenheng mellom $\dot{V}O_{2max}$ og minuttvolum. Det er derfor også den største potensielle begrensningen hos en persons $\dot{V}O_{2max}$ dersom minuttvolumet ikke utnyttes til sitt fulle potensiale. I følge Bishop, Jenkins og Mackinnon (1998) er en slik protokoll en god og hensiktsmessig protokoll for å kunne måle både $\dot{V}O_{2max}$ og HF_{max} (maksimal hjertefrekvens) hos den generelle befolkningen, selv om det erfaringsmessig i følge Olympiatoppens Hem og Leirstein (2013-2015) ofte vil registreres en noe lavere HF enn HF_{max} gjennom en $\dot{V}O_{2max}$ -test.

Elevene gjennomførte testing enten med nesklype og to-veis V-bite munnstykke (Mouthpiece Standard Type, Reusable Series 9060, Hans Rudolph Inc., Shawnee KS, U.S.A), eller med to-veis V2-maske (7450 SeriesV2™ Mask ORO-NASAL, Hans Rudolph Inc., Shawnee KS, U.S.A.). På forhånd fikk hver elev forklart viktigheten av å gi sin fulle innsats og å presse seg til sin maksimale prestasjon, til frivillig utmattelse ble nådd. Ifølge McArdle et al. (2015) spiller motivasjonelle faktorer en stor rolle når man skal teste maksimal ytelse, og elevene mottok derfor sterk verbal oppmuntring gjennom hele testen.

Testen hadde en utgangshastighet på $8 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ med en stigning på 5,3% og en økning på $1 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ per minutt. Hastigheten ble økt manuelt av testleder, og når eleven nærmet seg utmattelse fikk han valget mellom å enten øke med $1 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, $0,5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ eller å ikke foreta noen videre økning (Hem & Leirstein, 2013-2015). Dette valget ble tatt gjennom en dialog med spørsmål fra testleder som ble besvart gjennom håndtegn fra elev før hver fartsøkning. Parametere som: RER, HR_{max} , avslutningshastighet ($\text{km}\cdot\text{t}^{-1}$), VE samt O_2 ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$) ble kontinuerlig vurdert sammen med tilbakemeldinger, teknikk og kroppsspråk hos eleven. Gjennomsnittet av de to høyeste påfølgende målingene hos hver enkelt elev ble registrert som

deres $\dot{V}O_{2max}$. En høy score på oksygenopptak i testen reflekterte en høy kardiorespiratorisk utholdenhet.

Kalibrering av $\dot{V}O_{2max}$ -apparat

Utstyret som skulle foreta målinger gjennom det metabolske systemet ble kalibrert med jevne mellomrom. Kalibrering av omgivelsene i rommet; temperatur, atmosfærisk trykk, luftfuktighet og høyde over havet (Ambient conditions) ble foretatt gjennom målinger fra en Clas Ohlson WS2068HL værstasjon (Clas Ohlson AS, Oslo, Norge) og viste at testtemperatur var omtrent lik for alle elevene (18-20 °C). Volumkalibrering ble foretatt med en Hans Rudolph 3L kalibrasjonspumpe med en nøyaktighet på $1/2 \pm$ av 1% (Hans Rudolph Inc., Shawnee KS, U.S.A.). Gasskalibrering ble foretatt ved å benytte samme gassbeholder på begge systemene for å minimere mulige test-forskjeller. Gassbeholderen besto av en 300L gassblanding (Riessner-Gase GmbH, Carefusion, Germany) med følgende blandingsforhold: karbondioksid: 5,840 vol%, oksygen: 15,000 vol%, nitrogen: rest vol% (79,16%).

Diskusjon rundt $\dot{V}O_{2max}$ -kriterier

Dagens forståelse av maksimalt oksygenopptak stammer fra de klassiske studiene til Hill, Lupton og Long (1923; 1924). Helt siden den gang har avgjørelsen for om test-subjektene har nådd sin faktiske $\dot{V}O_{2max}$ vært et problematisk felt som har vært gjenstand for mye variert diskusjon og kritikk (Day, Rossiter, Coats, Skasick & Whipp, 2003; Howley, Bassett & Welch, 1995; Midgley, McNaughton, Polman & Marchant, 2007). Over 60 år er gått siden den såkalte gull-standarden for å avgjøre i hvilken grad oppnådd $\dot{V}O_{2max}$ kan regnes som ens faktiske $\dot{V}O_{2max}$ ble nedfelt av Taylor, Buskirk og Henschel (1955). Med testutstyr som var tilgjengelig den gangen argumenterte de for at oppnåelsen av et platå i en $\dot{V}O_2$ -score ville være det beste enkeltkriteriet for oppnådd $\dot{V}O_{2max}$. Platået ble satt til der hvor testsubjektet mot slutten av en test ikke lenger ville oppleve en forventet økning i $\dot{V}O_{2max}$ -score ut fra tidligere målinger i samme test; til tross for økende arbeidskrav. Platå-kriteriet ble nådd ved en økning på $<2.1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ mellom de siste målingene. De originale $\dot{V}O_{2max}$ -kriteriene er basert på eldre studier med både utstyr og testprotokoller som er svært annerledes enn hva som benyttes i dag (Taylor et al., 1955; Åstrand, 1952) og de omfattet ofte relativt få deltakere (Issekutz, Birkhead & Rodahl, 1962; Issekutz & Rodahl, 1961; Siegel, Blomqvist & Mitchell, 1970).

Flere ulike testmetoder kan påvirke kurven på opptaket og $\dot{V}O_2$ -platået, blant annet hvilken sampling-metode som benyttes (Myers, Walsh, Sullivan & Froelicher, 1990) samt valget av testprotokoll (Yoon, Kravitz & Robergs, 2007). I sistnevnte studie ble det vist at det

ikke forelå noe signifikant forhold mellom $\dot{V}O_2$ -kurve og $\dot{V}O_{2max}$ hos deltakerne ved 4 ulike testprotokoller med ulik varighet. Dette antyder at benyttelse av $\dot{V}O_{2max}$ -plata som et objektivt hovedkriterie for oppnådd $\dot{V}O_{2max}$ kan være problematisk for å avgjøre ens *faktiske* $\dot{V}O_{2max}$.

Siden oppnåelsen av et plata ikke alltid er praktisk oppnåelig har andre såkalte sekundærkriterier ofte blitt benyttet. Sekundærkriterier inkluderer: en forhøyet RER-verdi ≥ 1.10 (J. Brown, Mahon & Plank, 2002; Nelson, Petersen & Dlin, 2010), forhøyede laktatverdier $\geq 8 \text{ mmol/L}^{-1}$ (Howley et al., 1995), oppnåelsen av en viss % av aldersbestemt HF_{max} (J. Brown et al., 2002) og opplevd fysisk anstrengelse (RPE) ved å benytte eksempelvis Borg-skala (Church et al., 2008). Disse kriteriene kan også kombineres for å avgjøre oppnåelsen av ens faktiske $\dot{V}O_{2max}$ (Edwardsen, Hansen, Holme, Dyrstad & Anderssen, 2013).

I samsvar med Dupuy et al. (2015) ble det i denne studien benyttet 3 kriterier for oppnåelse av $\dot{V}O_{2max}$, og dersom 2 av disse ble oppnådd ble det registrert som $\dot{V}O_{2max}$. Kriteriene var: **(1)** $\dot{V}O_{2max}$ -plata $\leq 2.1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, **(2)** ≥ 1.10 RER og **(3)** $\geq 90\%$ av aldersbestemt HF_{max} .

3.3.3 Borg-skala

Et skjema med Borg-skala, som er en subjektiv skala for følt anstrengelse, ble gitt elevene umiddelbart etter fysisk test (se vedlegg III). Skalaen ble benyttet som en kontroll på at elevene tok seg ut. Skalaen var fornsket av Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og var adoptert fra den originale Borg-skala utarbeidet av Borg og Noble (1974). Skalaen og dens betydning ble forklart elevene før selve $\dot{V}O_{2max}$ -testen. Avslutningshastighet og høyeste oppnådde puls ble notert av testleder i et eget skjema mens eleven fylte ut Borg-skala skjemaet. Elevene svarte også på spørsmål om de hadde trent dagen i forveien, og i så tilfelle hvor hard treningen var på en skala fra 1-5 (se vedlegg III).

3.4 Dag B: Kognitiv testdag

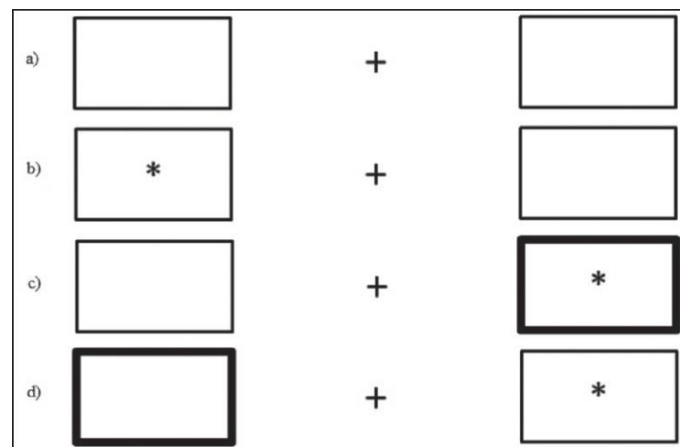
Elevene brukte mellom 5-10 minutter på å besvare spørreskjema før den kognitive prestasjonstesten ble satt i gang.

3.4.1 Kognitiv prestasjonstest

For å vurdere reaksjonstid (RT), reaksjonsnøyaktighet og inhibisjon ble en visuell test basert på Posner-paradigmet benyttet (Gundersen et al., 2007; Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). Testen ble utført på en bærbar pc med en "13,3" skjerm. Programmet som ble brukt til å programmere testen var E-Prime 2.0, standard version (Psychology Software Tools, Inc.).

På skjermen ble det avbildet et kryss med et horisontalt rektangel på hver side av krysset (figur 4a). Før stimulus (en stjerne) ble vist, ble rammen rundt ett av rektanglene noen ganger bredere (forhåndsvarsel). Elevene ble instruert i å fiksere på krysset i midten og å reagere så raskt som mulig ved å trykke på knappen "d" på tastaturet når stimulus dukket opp i det venstre rektangelet, eller knappen "l" når stimulus dukket opp i det høyre rektangelet. Elevene ble også informert om å ignorere eventuelle forhåndsvarsel. Alle elevene ble instruert muntlig, og gjennomførte en treningssesjon før testen startet.

Testen hadde en varighet på 9 minutter og 20 sekunder, og ble gjennomført med hørselvern og uten forstyrrelser. Testen som ble benyttet ble forlenget i både varighet og antall stimuli i forhold til testen som ble benyttet av Irgens-Hansen et al. (2015), for slik å også kunne undersøke om *testvarighet* ville utgjøre en forskjell i resultater. Dette ville kunne gjøre testen mer ømfintlig for de påvirkningene som kanskje vil kunne akkumuleres av en økende mental trøtthet ved krevende oppgaver over tid.



Figur 4. Kognitiv prestasjonstest: a) Utgangsbilde med krysshår og to horisontale rektangler. b) Ingen forhåndsvarsel: stjernen dukker opp i rektangelet uten forhåndsvarsel (bredere ramme). c) Gyldig forhåndsvarsel: stjernen dukker opp i rektangelet med forhåndsvarsel. d) Ugyldig forhåndsvarsel: stjernen dukker opp på motsatt side av rektangelet med forhåndsvarsel.

Utgangsbildet gjennom hele testen var to rektangler med et kryss i midten (figur 4a). Tre kategoriseringer kunne forekomme i testen; *ingen forhåndsvarsel*, *gyldig forhåndsvarsel* og *ugyldig forhåndsvarsel*. Om stimulus dukket opp i et av rektanglene uten forhåndsvarsel (bredere ramme), ble dette kalt *ingen forhåndsvarsel* (figur 4b). Dersom stimulus dukket opp inne i rektangelet med forhåndsvarsel, ble dette kalt for et *gyldig forhåndsvarsel* (figur 4c) (forhåndsvarsel og stimulus hadde samme posisjon), og dersom stimulus dukket opp inne i

rektangelet på motsatt side av forhåndsvarsel, ble dette kalt for et *ugyldig forhåndsvarsel* (figur 4d).

Testen bestod av totalt 336 stimuli, hvor hvert stimulus ble vist i 500 msek med interstimulus-intervaller (tid mellom stimulus) på mellom 600 og 1400 msek. Forhåndsvarsel ble vist 200 - eller 400 msek før stimulus ble vist. 56 (17%) stimuli ble vist uten forhåndsvarsel (ingen forhåndsvarsel), 224 (67%) stimuli ble vist i det samme rektangel som forhåndsvarselet (gyldig forhåndsvarsel), og 56 (17%) stimuli ble vist i det motsatte rektangel av forhåndsvarselet (ugyldig forhåndsvarsel).

RT og antall feil ble registrert og lagret på pc-en for hver elev. Gjennomsnittlig RT for ingen forhåndsvarsel, for ugyldig forhåndsvarsel og for gyldig forhåndsvarsel ble kalkulert for hver av elevene. Responser før stjernen dukket opp (at eleven trykket når forhåndsvarselet dukket opp), og responser som kom under de første 149 msek etter at forhåndsvarselet ble vist, ble definert som feilaktige responser. Hvis eleven rettet opp i en feilaktig respons, ble dette allikevel registrert som en feilaktig respons. Dersom eleven ikke trykket når han ble presentert med stimuli ble dette kategorisert som “ingen respons”. Antall feil ble også kalkulert for hver av stimulkategoriene og presentert i prosent (%).

3.4.2 Gjennomgang av oppmerksomhetsprosesser i testen

Elevene blir i Posner-testen instruert i å være oppmerksomme – samt å reagere raskt og hensiktsmessig på et bestemt visuelt stimulus, i dette tilfellet en stjerne som vil dukke opp i en av boksene (Figur 4). Elevenes oppmerksomhet vil da være *aktivt innstilt* på å reagere når stjernen dukker opp. Siden det visuelle stimulus er midlertidig lagret i det visuelle minnet så vil det påvirke elevene til å utføre visuelle søk etter stjernen på en viljestyrt top-down måte, mens den faktiske “scenen” hvor eksempelvis forhåndsvarsel dukker opp vil gi bottom-up sensorisk informasjon som refleksivt vil trekke oppmerksomhet mot dette forhåndsvarselet. Dette fører til at man så foretar et søk gjennom informasjon som kan avsløre hvor stimulus befinner seg (Vecera & Rizzo, 2003). Studier tyder på at det å re-orientere sin oppmerksomhet mot stimulus som dukker opp perifert for blikkfokus, vil kreve mer av aktiviteten i de områdene rundt PFC som er involvert i høyere kognitive prosesser, enn i de andre kategoriseringene hvor det perifere utslaget ikke blir like stort (Posner, Walker, Friedrich & Rafal, 1987; Thiel, Zilles & Fink, 2004).

Det ser ut til at tidsintervallet mellom forhåndsvarsel og stimulus også er bestemmende for hurtighet og nøyaktighet på respons hos testpersoner, i tillegg til de forskjellene man finner mellom de ulike stimuliene (Posner & Cohen, 1984). Et

forhåndsvarsel vil nemlig trigge oppmerksomheten ved såkalt “priming”, og gjøre en årvåken og forberedt på en snarlig ankomst av et stimulus (Mangun & Hillyard, 1991). Denne effekten vil gi en høy form for intern aktivering hos elevene og vil samtidig bidra til å holde elevenes responsivhet, såkalt tonisk årvåkenhet, høy (Gabay & Henik, 2008; Hayward & Ristic, 2013). Nettopp det at det er prosentvis flest gyldige forhåndsvarsel i testen, vil sette ekstra høye krav til inhibisjonsevne, da man lærer å forvente denne type forhåndsvarsel. Tidsintervallet som forløper fra forhåndsvarsel ankommer til stimulus opptrer kalles for “stimulus-onset asynchrony” (SOA), og lengden på dette tidsintervallet har noe å si for hvordan, og hvor raskt man reagerer (Shevrin, 1996). For å danne seg et bilde av forholdet mellom SOA og RT kan man se på SOA som en uavhengig variabel og RT som en avhengig variabel, noe som vil fortelle at RT til en viss grad kan påvirkes ved å manipulere SOA (Pashler, 1994).

3.5 Spørreskjema

Et nettbasert elektronisk spørreskjema (programmert i Questback®) ble benyttet.

Spørreskjemaet besto av 37 ulike åpne og lukkede spørsmål innen kategorier som gjennom tidligere forskning har vist seg å kunne være interessante for problemstillingen i studien, både med tanke på samvariasjon og fremtidige hypoteser (se vedlegg IV). Spørsmål innen kategorier som fysisk aktivitetsnivå, deltakelse innen idrett, sosioøkonomiske faktorer, sykdommer og livsstil ble besvart av elevene.

3.5.1 Opplagthet

Elevene ble bedt om å gi en subjektiv vurdering av egen *opplagthet* før den aktuelle reaksjons- og oppmerksomhetstesten. Opplagthet ble her brukt som et slags paraply-uttrykk for å fange opp en subjektiv vurdering av mental trøtthet som kan være påvirket av faktorer som blant annet søvn og tid i våken tilstand.

Mental trøtthet kan beskrives som en følelse av trøtthet eller mangel på energi, og det kan påvirke motivasjon og arbeidsvilje for krevende oppgaver samt kognitiv funksjon (Boksem & Tops, 2008; Marcora, Staiano & Manning, 2009). Det viser nemlig seg at mental trøtthet kan ha en negativ påvirkning på blant annet oppmerksomhet, årvåkenhet og høyere kognitive funksjoner (I. D. Brown, 1994; Lal & Craig, 2001; Van der Linden & Eling, 2006). Mental trøtthet er noe man vil kunne oppleve etter lengre perioder med kognitiv aktivitet (Boksem, Meijman & Lorist, 2005), eksempelvis slik som i krevende lærings situasjoner på skolen. I studien til Boksem et al. (2005) ble det vist at det forelå en sammenheng mellom mental trøtthet og evne til oppmerksomhet, gjennom å benytte en krevende og langvarig

visuell oppmerksomhetstest. Spesielt hadde dette negativ påvirkning på evne til RT og inhibisjon av irrelevante stimuli.

En kognitiv test som inneholder krevende og komplekse elementer som i tillegg opptrer perifert, vil sette krav til en relativt høy grad av oppmerksomhet hos testsubjektet (Jensen, 2006; Posner, Walker, Friedrich & Rafal, 1987). Det vil også vil samtidig kreve en større grad av samarbeid mellom eksekutive områder i hjernen for å balansere top-down og bottom-up prosesser hensiktsmessig enn ved bare en simpel RT-test. Det finnes studier som viser fysiologiske endringer som endet cerebral glukosemetabolisme (CMRglu), CBF og redusert aktivering av nevronale nettverk som eksempelvis PFC og thalamus som følge av lang tid i våken tilstand, eller søvnmangel (J. Horne, 1992; M. Thomas et al., 2000; Wu, Gillin, Buchsbaum & Hershey, 1991; Wu et al., 2006), og disse områdenes funksjon ser ut til å være særlig sensitive for søvnmangel (Dahl, 1996; J. A. Horne, 1993). Da disse to strukturene er involvert i årvåkenhet og oppmerksomhet er det rimelig å anta at søvnmangel, dårlig søvn eller lang tid i våken tilstand også vil kunne gi utslag på oppmerksomhetstester som stiller slike kognitive krav; i form av svekket prestasjonsevne. Koffein er også vist å kunne påvirke følelse av opplagthet (Brice & Smith, 2001) og å kunne bidra til økt kognitiv prestasjon i oppmerksomhetstester (Brunyé, Mahoney, Lieberman & Taylor, 2010).

3.5.2 ADHD og dysleksi

Unge med diagnostisert ADHD har ofte en større prestasjonsvariabilitet på både RT generelt (Kofler et al., 2013) samtidig som de virker prestere dårligere på tester basert på det visuospatielle Posner-paradigmet, enn unge uten diagnosen (Carter, Krener, Chaderjian, Northcutt & Wolfe, 1995; McDonald, Bennett, Chambers & Castiello, 1999; Nigg, Swanson & Hinshaw, 1997; Swanson et al., 1991). I et review-studie ble det imidlertid vist at funnene fra enkeltstudier samlet sett ikke var signifikante, men at det så ut til å foreligge en tendens til at ADHD kunne utgjøre en negativ forskjell i denne type visuospatielle tester (Huang-Pollock & Nigg, 2003). Dette førte til at valget om å inkludere spørsmålet om elevene var diagnostisert med ADHD i spørreskjema ble tatt, for slik å kunne kontrollere for dette. Spørsmål om elevene var diagnostisert med dysleksi ble også inkludert da det er flere studier som viser relativt sterke og kausale sammenhenger mellom dette, og nedsatt evne til flere ulike typer oppmerksomhet som fordres i kognitive tester med samme paradigme som denne studien har benyttet (Facoetti, Lorusso, Paganoni, Umilta & Mascetti, 2003; Franceschini, Gori, Ruffino, Pedrolli & Facoetti, 2012).

3.5.3 Elektroniske spill

Spørsmål om bruken av elektroniske spill ble også vurdert som hensiktsmessig da det foreligger tvetydige funn hva gjelder påvirkning fra dataspilling på kognitiv funksjon. Flere studier viser til en positiv sammenheng mellom tid brukt på dataspill og prestasjon i ulike kognitive tester som har testet for blant annet RT og visuospatiell oppmerksomhetsevne (Bialystok, 2006; Castel, Pratt & Drummond, 2005; Green & Bavelier, 2003, 2012), mens andre studier viser til begrensede eller ingen sammenhenger (Walter R Boot, Kramer, Simons, Fabiani & Gratton, 2008; Irons, Remington & McLean, 2011; Murphy & Spencer, 2009; Ruiz et al., 2010). Mange av funnene som viser en positiv sammenheng mellom tid brukt på spill og kognitive evner er i følge Walter Richard Boot, Blakely og Simons (2011), preget av metodologiske svakheter. Samtidig pekes det også på at det virker å være begrenset overførbarhet fra én type kognitiv arbeidsoppgave til andre, til tross for at de kognitive arbeidsoppgavene er nært beslektet (Ball et al., 2002; Owen et al., 2010).

3.5.4 Nikotin

Studier tyder på at nikotin kan gi enkelte kognitive fordeler hva gjelder blant annet evne til oppmerksomhet og RT. En omfattende meta-analyse av Heishman, Kleykamp og Singleton (2010) som inkluderte 41 ulike dobbel-blindede, placebo-kontrollerte laboratoriestudier mellom 1994 og 2008, avslørte signifikante funn hva gjelder fordelaktig påvirkning fra nikotin, på flere ulike kognitive domener. Funnene har gjennom årene gitt en bedre forståelse for mekanismene bak den kognitive forbedringsevnen nikotin ser ut til å kunne gi. Det viser seg nemlig at nikotin binder seg til pre-synaptiske nikotin-acetylkolin reseptorer i hjernen, noe som bidrar til et utslipp av ulike neurotransmittere som er kjent for å være involvert i kognitive prosesser (Di Matteo, Pierucci, Di Giovanni, Benigno & Esposito, 2007). Spørsmål om daglig røyking/snusing ble derfor inkludert i spørreskjemaet for å kunne kontrollere for dette.

3.6 Analyse av datamateriale

Data ble overført til - og bearbeidet i Excel. Statistikkprogrammet SPSS (SPSS Statistics, versjon 22) ble brukt til alle statistiske analyser. Deskriptive data er vist som gjennomsnitt \pm standardavvik (SD) og minimum-maksimum, samt % om ikke annet er oppgitt.

Av de 66 rekrutterte ble totalt 12 elever ekskludert fra videre analyser; 7 ble ekskludert grunnet manglende data og ytterligere 5 elever fordi de var diagnostisert med astma. Totalt gjennomførte til sammen 54 (82% av de rekrutterte) elever *både* de fysiske og de kognitive testene - og målingene tilfredsstillende for å inkluderes i de videre statistiske analysene.

Valget om å ekskludere elever som oppga legediagnostisert astma ble i ettertid tatt ettersom det ikke kunne ettersjekkes for hver enkelt i hvilken grad de ville være hemmet av dette, med hensyn til VE.

Daglig tid brukt på elektroniske spill ble ofte oppgitt i et spekter (eksempelvis fra 15-30 min). Data ble derfor inndelt i en konservativ og i en radikal inndeling hvor den konservative inndelingen representerte det laveste oppgitte tall (15 min.), mens den radikale inndelingen representerte det høyeste oppgitte tall (30 min.). Et valg ble tatt om å benytte den konservative inndelingen i de videre analysene.

3.6.1 Deskriptiv og inferentiell statistikk

Både deskriptiv og inferentiell statistikk er oppgitt i resultatene. Mens deskriptiv statistikk tar utgangspunkt i å beskrive utvalget (som eksempelvis gjennomsnittscore på en test), så er utgangspunktet i såkalt inferentiell statistikk å benytte data fra et utvalg for slik å kunne dra konklusjoner om ulike parametre i den populasjonen som utvalget representerer (Sheskin, 2003). Et parameter kan være en karakteristikk i populasjonen, eksempelvis treningsmengde.

3.6.2 Datamateriale og målenivå

Når det gjelder datamaterialet, er det metodisk sett en fordel å samle inn data med høyest mulig målenivå. Et høyt målenivå på dataene man samler inn vil også åpne for flere muligheter hva gjelder statistiske analyser på de tallene man samler inn (Sheskin, 2003). Dersom man har et høyt målenivå eksempelvis, som eksempelvis intervallnivå på datamaterialet, åpner dette for parametriske statistiske tester, noe som vanligvis gir mer statistisk styrke enn non-parametriske tester. Man har derfor større sjanse til å finne signifikante effekter dersom dette eksisterer i datamaterialet. Et av målene i studien var å sikre et høyt målenivå på datamaterialet, for slik å kunne benytte parametriske tester med god statistisk styrke.

3.6.3 Analyser

Svarene fra spørreskjemaene ble samlet i en deskriptiv oversikt med prosentvis og numerisk fordeling av svar på de ulike spørsmålene- og alternativene i skjemaet.

Analyser av den uavhengige kontinuerlige prediktorvariabelen $\dot{V}O_{2max}$ avgjorde at denne var normalfordelt med grader av kurtose og skjevhet godt innenfor grenseverdiene for en univariat normalfordelt distribusjon, og derfor egnet for parametriske analyser. Kurtose og

skjevhet er mål på hvordan datamateriale fordeler seg innenfor en normalfordeling og forteller noe om både høyde og skjevhet på normalfordelingskurven. Dette bør testes for dersom man ønsker å benytte seg av parametrisk statistikk, og en verdi på mellom -2 og +2 er innenfor grensene for hva man vil kunne kalle en univariat normalfordelingskurve (George, 2003). Det at utvalget er normalfordelt gir det en styrke når det gjelder generaliserbarhet av datamaterialet fra utvalg til populasjon.

Innledende analyser ble gjort for å sikre at ingen av antakelsene om normalitet, linearitet og homoskedasitet var brutt i analysematerialet for korrelasjonsanalysen. I tillegg til disse faktorene ble det også sjekket for multikollinearitet i regresjonsanalysen.

Pearson produkt-moment korrelasjonskoeffisient-analyser (PKA) ble hovedsakelig benyttet i de innledende analysene for å skaffe oversikt over mulige sammenhenger i datamaterialet. Korrelasjoner som var signifikante, eller som så ut til å kunne ha en sammenheng med variabler som var relevante for problemstillingen, ble gjenstand for videre analyser.

For å undersøke om forskjellene i resultatene mellom første - og siste halvdel av den kognitive testen var signifikante, ble parede t-tester utført for alle stimulikategoriene, og resultatene ble inkludert som p -verdi i den deskriptive oversikten (se tabell 1 i artikkel). Analyser ble gjort for hele testen, samt for første- og siste halvdel for slik å kunne måle effekt av testvarighet/mental trøtthet opp mot $\dot{V}O_{2max}$.

p verdier på $< 0,05$ ble vurdert som statistisk signifikante. Et signifikansnivå på 5% er ofte foretrukket og ifølge Biau, Kernéis og Porcher (2008) bør et høyere signifikansnivå være begrenset til spesielle tilfeller, eksempelvis medisinsk forskning hvor et høyt signifikansnivå er svært viktig dersom konsekvensene av feil kan være store.

Gjennom tre-steps lineære multiple regresjonsanalyser ble det kontrollert for påvirkningen fra $\dot{V}O_{2max}$ sammen med kontrollvariabler opp mot de ulike stimulikategoriene for både RT og feil. Analysene ble gjort for hele testen, samt første - og siste halvdel. I første steg ble det kontrollert for påvirkningen fra $\dot{V}O_{2max}$, i neste steg ble det i tillegg undersøkt for mulige hurtighet-nøyaktighet trade-off effekter med feilaktige responser fra tilsvarende stimulikategori, det vil si at dersom RT for “gyldig forhåndsvarsel” ble holdt som en avhengig variabel ble feilprosent for “gyldig forhåndsvarsel” brukt som uavhengig variabel. I tredje og siste steg ble de tre variablene: “opplagthet (før testen)”, “tid brukt på elektroniske spill (daglig)” og “nikotin (daglig bruk)” inkludert for å se om påvirkningen fra $\dot{V}O_{2max}$ ville ha signifikant påvirkning på RT etter å ha kontrollert for påvirkningen fra disse prediktorvariablene. For å kunne inkludere den kategoriske variabelen rundt nikotinvaner i

regresjonsanalysene ble denne omformet til en dikotom variabel som skilte mellom *ingen bruk* og *daglig bruk* av nikotin.

Da ingen oppga å være diagnostisert med ADHD og kun 3 elever oppga diagnostisert dysleksi; ble ikke disse uavhengige variablene inkludert i regresjonsanalysen.

4.0 RESULTATER

Elevene hadde en gjennomsnittlig $\dot{V}O_{2max}$ på $54,2 \pm 4,9$ mL•kg⁻¹•min⁻¹, og resultatene fordelte seg mellom 41,9 - 66,7 mL•kg⁻¹•min⁻¹. Det var en god normalfordeling på prediktorvariabelen $\dot{V}O_{2max}$, med en skjevhet og kurtose på henholdsvis -0,084 og 0,289.

Gjennomsnittlig RT i den kognitive testen var lavest for stimulikategorien “gyldig forhåndsvarsel” (293±28 msek), fulgt av “ugyldig forhåndsvarsel” (353±35 msek) og ”ingen forhåndsvarsel” (376±31 msek). Feilaktige responser var *lavest* for stimulikategorien “gyldig signal” (5,1±4,8%) og *høyest* for stimulikategorien “ugyldig signal” (8,6±7,4%). Parede t-tester viste en signifikant økning av RT og feilprosent fra første til siste halvdel av den kognitive testen for alle stimulikategoriene (se tabell 1 i artikkel).

Lineære multiple regresjonsanalyser viste at $\dot{V}O_{2max}$ forklarte den største delen av variasjonen i resultatene for stimulikategorien “ugyldig forhåndsvarsel”. Det var en signifikant negativ korrelasjon mellom $\dot{V}O_{2max}$ og RT ved denne stimulikategorien, for hele testen. Dette gjaldt både før ($\beta = -.287, p = 0.035$) og etter ($\beta = -.296, p = 0.046$) at det ble justert for kontrollvariablene *feil, opplagthet før testen, tid brukt på elektroniske spill (daglig) og nikotin (daglig bruk)* (se tabell 2 i artikkel). Første del av testen var ikke signifikant korrelert med $\dot{V}O_{2max}$, mens den sterkeste korrelasjonen ble funnet i den siste delen av testen. Dette gjaldt både før ($\beta = -.323, p = .017$), og etter ($\beta = -.335, p = .023$) at det ble justert for kontrollvariabler (se tabell 2 i artikkel). Det ble ikke funnet signifikante korrelasjoner mellom $\dot{V}O_{2max}$ og RT for de andre stimulikategoriene.

Den deskriptive sammenfatningen av spørreskjemadata avslørte blant annet at flesteparten av elevene (15 stk.) oppga å være fysisk aktive i 3-4 timer i uken og at den oftest oppgitte kroppsøvingsskarakteren hos elevene var karakteren 5 (41 stk.). Flesteparten (27 stk.) oppga egen vurdering av fysisk form som “ganske god”, mens de fleste (24 stk.) vurderte egen konsentrasjonsevne som “verken dårlig eller god”. Egen helsevurdering ble oftest oppgitt som “ganske god” (31 stk.). Prevalensen for kontrollvariablene viste at *opplagthet før den kognitive prestasjonstesten* på en skala fra 1-5 (1: ikke opplagt i det hele tatt, 5: svært opplagt) ble oftest oppgitt som 3 (37%) og 4 (50%), *daglig tid brukt på elektroniske spill* var gjennomsnittlig 73±67 minutter og totalt 7 elever oppga å bruke *nikotin* daglig.

5.0 DISKUSJON

Elevene hadde samlet sett en høyere enn gjennomsnittlig kardiorespiratorisk utholdenhet i forhold til populasjonen (Shvartz & Reibold, 1990); med en $\dot{V}O_{2max}$ på 54,2 ml/min/kg. Den kognitive prestasjonstesten avslørte at elevene registrerte lavest RT innen stimulikategorien “gyldig forhåndsvarsel” fulgt av “ugyldig forhåndsvarsel”, med den høyeste registreringen av RT innen stimulikategorien “ingen forhåndsvarsel” (se tabell 1 i artikkel). Feilaktige responser var lavest innen stimulikategorien “gyldig signal” med flest registrerte feil innen stimulikategorien “ugyldig signal” (se tabell 1 i artikkel). Resultatene viste at forholdet mellom $\dot{V}O_{2max}$ og RT ble funnet å ha en signifikant negativ korrelasjon med den mest komplekse stimulikategorien “ugyldig forhåndsvarsel”. Lineær multippel regresjon avslørte at dette forholdet eksisterte selv når det ble kontrollert for *feil, opplagthet, dataspilling* og *nikotinbruk*, og sammenhengen ble funnet å være sterkest i siste halvdel av testen (se tabell 2 i artikkel). Testlengde hadde en negativ påvirkning på prestasjon i den kognitive testen; lengre varighet tilsvarte redusert prestasjon på alle stimulikategoriene, både for RT og feilaktige responser (se tabell 1 i artikkel).

5.1 $\dot{V}O_{2max}$ og kognitiv prestasjonstest

Resultatene fra regresjonsanalysen indikerte at $\dot{V}O_{2max}$ hadde en signifikant påvirkning på resultatet til den mest komplekse stimulikategorien RT “ugyldig forhåndsvarsel”, og at dette forholdet viste seg sterkest i siste halvdel av testen. Ved å benytte Jakob Cohen’s (1988) grovkategorisering av korrelasjonsstyrke, som ofte benyttes innen samfunnsvitenskapelig forskning, ble det her konstantert en *moderat* styrke på korrelasjonen. Dette gjaldt også etter å ha kontrollert for de 4 variablene: *opplagthet (før testen)*, *daglig tid brukt på elektroniske spill (konservativ)*, *nikotin (daglig bruk)* og *feil “ugyldig forhåndsvarsel” (siste halvdel)* (se tabell 2 i artikkel).

Dette er interessant av flere grunner; for det første er det interessant fordi det ikke ble funnet en sammenheng i samme grad mellom $\dot{V}O_{2max}$ og de andre stimulikategoriene, også når kontrollvariablene er tatt i betraktning. Det er også spesielt interessant at det ble funnet en signifikant sammenheng mellom $\dot{V}O_{2max}$ og nettopp denne stimulikategorien da den er regnet som den mest komplekse og krevende hva gjelder kognitiv oppmerksomhetskontroll. Mest krevende da det som nevnt i større grad enn i de andre kategoriene settes krav til kognitiv inhibisjon av reaksjoner fra bottom-up prosesser når det dukker opp et ugyldig forhåndsvarsel, i tillegg til at det kreves en perifer omdirigering av oppmerksomhet mot det kommende stimulus. Dette skjer altså gjennom forhåndsvarselet som først trekker

oppmerksomheten perifert, noe som vil sette i gang en refleksiv bottom-up prosess. Denne prosessen må så inhiberes ved å foreta en viljestyrt kognitiv inhibisjon, gjennom en top-down prosess. Det er påfallende interessant at dette ikke ble funnet i signifikant grad i de andre stimulikategoriene nettopp med tanke på at inhibisjon krever en større grad av aktivitet i PFC, noe som ikke utfordres på samme måte i de andre stimulikategoriene (Blasi et al., 2006; Posner et al., 1987; Thiel, Zilles & Fink, 2004). Dette er også interessant siden PFC virker være sensitiv for påvirkningen fra fysisk aktivitet (Erickson et al., 2014; Gomez-Pinilla & Hillman, 2013).

Funnene kan i tillegg være spennende med tanke på krevende læringssituasjoner i skolen hvor det forekommer distraksjoner. Det kan tenkes at det i situasjoner hvor det er viktig å kunne holde fokus på oppgaven, men hvor det samtidig foregår distraherende bevegelser i synsfeltet, vil kunne være en fordel med en økt evne til å luke ut slike irrelevante stimuli. Evne til inhibisjon har også vist seg å være assosiert med bedre skoleprestasjoner i eksempelvis engelsk, matte og naturvitenskap (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006), og det er også blant yngre elever vist sammenheng mellom evne til inhibisjon og bedre tilpasset oppførsel i læringssituasjoner, hvor en høyere grad av lærerrapportert uoppmerksomhet ble assosiert med en lavere inhibitorisk kontroll (Vuontela et al., 2013).

5.1.1 Kontrollvariabler

Gjennom å kontrollere for *feil* ble det vist at det så ut til å foreligge en trade-off effekt med RT “ugyldig forhåndsvarsel” (siste del), dette viste seg gjennom at en høyere feilprosent i denne stimulikategorien ga seg uttrykk i en raskere RT (se tabell 2 i artikkel). Sammenhengen var ikke signifikant, men var allikevel den kontrollvariabelen som forklarte den største del av variansen i RT “ugyldig forhåndsvarsel” utenom $\dot{V}O_{2max}$. Generelt vil overrepresentasjonen av stimulikategorien “valid cue” i testen bidra til den tidligere nevnte en priming-effekten (Mangun & Hillyard, 1991), og siden elevene lærer at det kommende stimulus oftest vil være i samme rektangel som forhåndsvarselet, vil det bidra til å øke krav til inhibisjonsevne. Verken *opplagthet* før testen eller *tid brukt på elektroniske spill* forklarte noen særlig grad av variansen mellom $\dot{V}O_{2max}$ og RT “ugyldig signal”, og grunnet et svært lite utvalg av elever som benyttet seg av nikotin daglig, kan det ikke trekkes noen konklusjoner annet enn at dette heller ikke så ut til å ha nevneverdig påvirkning på variansen for denne stimulikategorien. Det var imidlertid av betydning å kontrollere for dette siden det som tidligere nevnt foreligger forskning på at dette kan ha en effekt på kognitiv funksjon (Heishman et al., 2010).

5.2 Kognitiv prestasjonstest og testvarighet

Når det gjelder RT var resultatene i tråd med studien til Irgens-Hansen et al. (2015), hvor det ble benyttet samme test, at den korteste responstiden ble funnet for stimuli som ble presentert etter “gyldig forhåndsvarsel”, fulgt av “ugyldig forhåndsvarsel” og at lengst RT ble funnet ved stimuluset “ingen forhåndsvarsel”. Styrken på korrelasjonen mellom $\dot{V}O_{2max}$ og RT ved “ingen forhåndsvarsel” grenset til *moderat* når det gjaldt gjennomsnittet for hele testen. I tillegg gjorde analyser på første- og siste halvdel av testen det klart at det eksisterte signifikante forskjeller også som en konsekvens av varighet. Varighet viste assosiasjon med $\dot{V}O_{2max}$ på en slik måte at en høyere $\dot{V}O_{2max}$ hadde sammenheng med bedre prestasjon over tid innen stimuluskategorien “ingen forhåndsvarsel”. Den sterkeste korrelasjonen ble derfor altså funnet i siste halvdel av den kognitive prestasjonstesten. Første halvdel viste en *svak* korrelasjon som grenset til signifikans, mens det i siste halvdel ble funnet at evnen til RT og inhibisjon hadde en *moderat* sammenheng med $\dot{V}O_{2max}$. Disse sammenhengene gjaldt også når kontrollvariabler ble tatt hensyn til.

En interessant observasjon er nettopp hvordan testvarighet og ulike typer stimuli påvirket elevenes resultater; både innen evne til reaksjon og til inhibisjon av irrelevante stimuli (RT og feil). De signifikante forskjellene mellom første og siste halvdel av testen, kan muligens tyde på at det over testvarigheten bygger seg opp en slags mental trøtthet som følge av krav til oppmerksomhet over tid (Boksem & Tops, 2008; Parasuraman, Warm & See, 1998). Dersom dette stemmer kan det trolig føre til at funksjon i de tidligere nevnte områdene i hjernen hva gjelder oppmerksomhet og kognitiv inhibisjonsevne, som PFC; som er sensitiv for mental trøtthet, i større grad blir satt krav til, og påvirkes ved en økt testvarighet (Boksem et al., 2005). Da PFC også virker å være sensitiv for påvirkningen fra fysisk aktivitet kan det diskuteres om de med en høyere grad av kardiorespiratorisk utholdenhet vil kunne prestere bedre over lengre tid i slike krevende tester. Det er gjennomgående at testvarighet gradvis har en negativ påvirkning på resultater i alle kategoriene, og det er interessant at assosiasjonen mellom akkurat $\dot{V}O_{2max}$ og testvarighet kun er signifikant ved stimuluskategorien “ugyldig forhåndsvarsel”, da dette regnes som den mest komplekse og krevende av kategoriene (Jensen, 2006). Det kan heller ikke utelukkes at en lenger testvarighet ville kunne påvist ytterligere negative utslag i prestasjon.

Evne til å benytte oppmerksomhetsressurser på oppgaver kan vise seg å være av betydning for læring. Ifølge Greenwood, Horton og Utley (2002) er en av de beste prediktorene for læring nettopp den tiden man benytter på oppgaven man har foran seg. Dersom man kontrollerer for andre faktorer, betyr mer tid benyttet på skoleoppgaver også mer

potensiell læring. Det er i tillegg viktig å inneha evnen til å fokusere sin oppmerksomhet mot det som faktisk er av betydning i en læringssituasjon, mens man utelukker informasjon eller stimuli som er irrelevante. Dette krever evne til årvåkenhet og til å kunne luke ut irrelevant informasjon/stimuli til tross for at oppmerksomheten kan trekkes mot denne. Å ha evnen til å rette sin oppmerksomhet mot relevant informasjon over lengre tid i en læringssituasjon uten å akkumulere en høy grad av mental trøtthet vil derfor kunne være av betydning med tanke på blant annet tid brukt på læringsoppgaver.

Som nevnt er stimulikategorien “ugyldig forhåndsvarsel” en kategori hvor blikkfokus blir rettet mot ett av rektanglene som får en bredere ramme før stjernen dukker opp i rektangelet på motsatt side. Når stjernen dernest dukker opp i rektangelet på motsatt side, vil dette kreve at blikkfokus kjapt rettes perifert, og derfor krever mer av aktiviteten i de områdene rundt PFC som er involvert i høyere kognitive prosesser, enn i de andre kategoriseringene hvor det perifere utslaget ikke blir like stort (Posner et al., 1987; Thiel et al., 2004). Grunnen til at feilprosenten er høyest nettopp ved stimulikategorien “ugyldig forhåndsvarsel” kan være fordi denne stimulikategorien i motsetning til de andre kategoriene vil sette krav til elevenes evne til inhibisjon, altså det å kunne undertrykke distraksjoner som leder oppmerksomheten vekk fra gitt oppgave. Det er et spennende funn da det som nevnt er ved de mer komplekse oppgavene man kan forvente å observere de største individuelle forskjellene i prestasjon (Jensen, 2006). Kravet til inhibisjon vil i tillegg kunne ha en trade-off effekt med RT ved at man er innstilt på å trykke så raskt man klarer at dette vil kunne gi en sårbarhet for hyppigere å trykke feil i denne mest krevende stimulikategorien hvor den refleksive bottom-up prosessen i større grad må inhiberes. Man skulle også gjerne tro at man ville funnet lengst RT ved denne kategorien, da det settes krav til blant annet det å re-orientere blikkfokus, men det faktum at det forekommer en “priming” av oppmerksomhet nettopp i slike stimuli med forhåndsvarsel vil kunne gi en høy tonisk årvåkenhet hos elevene (Mangun & Hillyard, 1991). Dette vil kunne gi en fordel hva gjelder RT i forhold til “ingen forhåndsvarsel”, men vil allikevel gi høyest RT av de to ulike stimulikategoriene hvor priming forekommer. Dette fordi denne kategorien i tillegg involverer en perifer omdirigering av visuell oppmerksomhet sammen med inhibisjon (Posner & Cohen, 1984).

5.2.1 Valg av kognitiv prestasjonstest

Testen er hovedsakelig rettet mot selektiv oppmerksomhet, og da evne til å foreta oppmerksomhetsskifter; altså evne til å velge ut *noe* stimuli foran annet stimuli for å benytte sine oppmerksomhetsressurser på relevante oppgaver, mens man ignorerer irrelevante faktorer

(Johnson & Proctor, 2004; Vecera & Rizzo, 2003). Siden man tester denne evnen gjennom et visuelt paradigme, undersøker man mer spesifikt visuell selektiv oppmerksomhetsevne. Reaksjonsevne ved relevant stimuli, og inhibisjonsevne til å ignorere irrelevant stimuli, evalueres i så måte gjennom testen, og vil sette krav til elevens evne til å finne en hensiktsmessig balanse mellom top-down og bottom-up prosessene.

De fordelaktige effektene fysisk aktivitet ser ut til å kunne bidra med, virker å være særlig fremtredende på tester som setter krav til såkalt visuospatial prosessering (Shay & Roth, 1992). Posner-testen er nettopp en slik visuospatial test, og ble derfor benyttet i et forsøk på å avdekke sammenhenger mellom spesifikke kognitive domener og fysisk aktivitet, i dette tilfellet innen evne til oppmerksomhet. Det finnes flere andre tester som undersøker eksekutiv funksjon i hjernen på lignende måter slik som blant annet “Eriksen Flanker” testen og “Stroop” testen som begge undersøker evne til selektiv oppmerksomhet og inhibisjon (Chan, Shum, Touloupoulou & Chen, 2008; Guiney & Machado, 2013). En vesentlig forskjell mellom Stroop og Flanker testen er imidlertid at det distraherende stimulus opptrer i periferien, vekk fra fokusområdet i Flanker testen, mens stimuli på Stroop testen opptrer i det visuelle fokusområdet. Posner-paradigme er i så måte nærmest beslektet Flanker testen.

Det er ved tester som inneholder krevende, komplekse elementer at det settes ekstra krav til en høy grad av oppmerksomhet hos elevene, og dette fordrer som nevnt et intrikat samarbeid mellom ulike områder i hjernen (Jensen, 2006). Det å re-orientere oppmerksomhet mot stimuli som opptrer perifert for blikkfokus, vil som nevnt også kreve mer av aktiviteten i områdene rundt PFC enn stimuli som ikke opptrer i periferien (Posner et al., 1987; Thiel et al., 2004). Dessuten virker spesielt områder rundt PFC å også være sensitive for påvirkningen fra fysisk aktivitet, gjennom ulike medierende mekanismer som økt blodgjennomstrømming og nevrogenese (Erickson et al., 2014). Tanken var derfor at det gjennom en test som benytter seg av paradigmer hvor stimuli opptrer perifert, hvor det handler om å inhibere distraherende stimuli som opptrer i sidesynet, ville kunne avdekkes sammenhenger dersom de eksisterte hos fysisk aktive unge voksne. Posner testen var i tillegg en spennende test å benytte, spesielt da det ikke ser ut til at det foreligger tidligere forskning som undersøker dette spesifikke paradigmet opp mot kardiorespiratorisk utholdenhet hos unge voksne.

Visuell oppmerksomhets-evne er trolig den mest studerte variasjonen av oppmerksomhet i normalpopulasjoner (Vecera & Rizzo, 2003), og evne til visuell orientering av oppmerksomhet er en del av et mer generelt selektivt oppmerksomhetssystem som i tillegg involverer evne til å orientere seg etter språk (Posner, 1987), samtidig som det også viser seg leseferdigheter er direkte koblet til denne visuelle prosesseringen (Posner & Cohen, 1984),

noe som også er en grunn til at dysleksi ble kontrollert for i spørreskjema. Til tross for at testen hovedsakelig er rettet mot visuell oppmerksomhet og prosessering av informasjon, synes testen relevant for å utforske prosesser hva gjelder oppmerksomhetsevne hos skoleelever, som i sin skolehverdag utfordres gjennom arbeidsoppgaver som setter krav til oppmerksomhet. Dette fordi testen er linket til det å rette sin oppmerksomhet mot relevant informasjon og ignorere forstyrrelser som trekker oppmerksomheten vekk fra gitte arbeidsoppgaver. Dersom leseferdigheter og evne til å orientere seg etter språk har en sammenheng med evne til visuell oppmerksomhet, er dette interessant med tanke på læringssituasjoner i skolen. Spesielt dersom det er slik at visuell oppmerksomhetsevne er assosiert med $\dot{V}O_{2max}$, da dette vil kunne være nyttig kunnskap med tanke på tiltak rundt fysisk aktivitet i skolehverdagen.

Det er imidlertid vanskelig å peke på overførbarhet fra funn i denne studien som kortfattet hovedsaklig fant signifikante sammenhenger mellom $\dot{V}O_{2max}$ og kognitive krav til inhibisjon. Hvordan denne spesifikke stimulkategorien er assosiert med lese- og språkferdigheter er heller ikke fullt avdekket, og man skal være forsiktig med å påstå en direkte overførbarhet til andre lignende situasjoner når man benytter slike tester.

5.3 Kardiorespiratorisk utholdenhet

Dersom man ser resultatene fra elevenes fysiske $\dot{V}O_{2max}$ målinger opp mot inndelingen (1-7) til Shvartz og Reibold (1990) sin oversikt over fitnessnormer; strakk elevenes målinger seg fra “rimelig” (5) til “utmerket” (1), og fordelte seg fra 41,9 - 66,7 mL•kg⁻¹•min⁻¹. Elevene hadde et samlet gjennomsnitt på 54,2±4,9 mL•kg⁻¹•min⁻¹, noe som tilsvarer kategoriseringen “bra” (3). Ifølge denne inndelingen kan man konkludere med at utvalget som en helhet innehadde en høyere enn gjennomsnittlig (4) kardiorespiratorisk utholdenhet målt ved $\dot{V}O_{2max}$ (46-50 mL•kg⁻¹•min⁻¹) for aldersgruppen, enn populasjons-normen. Det at utvalget som helhet hadde en over gjennomsnittlig score på $\dot{V}O_{2max}$ vil muligens kunne medføre implikasjoner hva gjelder ekstern validitet, med tanke på generaliserbarhet av resultatene fra utvalg til populasjon. En større generaliserbarhet ville kunne bli oppnådd dersom utvalget hadde vært nærmere det faktiske gjennomsnittet for $\dot{V}O_{2max}$ i populasjonen, gitt en normalfordeling av $\dot{V}O_{2max}$ -resultatene. I tillegg viste den deskriptive sammenfatningen av spørreskjemadata at flesteparten av elevene oppga å være fysisk aktive 3-4 ganger i uken og at de fleste hadde en svært god karakter i kroppsøving (5), samtidig som de vurderte egen fysisk form og helse som ganske god. At utvalget i studien lå over gjennomsnittet hva gjelder kardiorespiratorisk utholdenhet gjør samtidig at det ikke kan utelukkes sterkere korrelasjoner gitt ved et utvalg

nærmere gjennomsnittet i populasjonen. Det var imidlertid en god normalfordeling på $\dot{V}O_{2max}$ -resultatene med en lav kurtose og skjevhetsgrad.

Flere studier har benyttet seg av andre fysiologiske tester og mål opp mot kognitiv funksjon, og flere av disse har benyttet ulike fysiske målemetoder som omfatter målinger av muskelstyrke, fleksibilitet og aerob utholdenhet for å studere sammenhenger opp mot lese og matteferdigheter i skolen (Castelli, Hillman, Buck & Erwin, 2007; Grissom, 2005). Den sterkeste assosiasjonen med akademisk prestasjon ble imidlertid her funnet innen tester som målte aerob utholdenhet hos elevene. Dette er samme type utholdenhet som settes krav til i en $\dot{V}O_{2max}$ -test hvor kroppens evne til å gjennomføre arbeid med relativt høy intensitet over tid blir satt på prøve. Da det viser seg at $\dot{V}O_{2max}$ kan forbedres med selv relativt lav intensitet (Gormley et al., 2008) kan det bety at bare det å være i bevegelse som gir en vesentlig økning av energiforbruk utover hvilenivå, som er definisjonen på fysisk aktivitet, vil kunne bidra til forbedringer i kognitiv funksjon. Dette vil kanskje også derfor ha overførbarhet til læringssituasjoner som setter krav til oppmerksomhet og evne til inhibisjon.

Da det i denne studien utelukkende er undersøkt unge menn kan resultatene også kun generaliseres til unge menn. Det finnes imidlertid også studier av kardiorespiratorisk utholdenhet og kognitiv funksjon som er utført utelukkende på det motsatte kjønn, med lignende funn som tyder på at høy $\dot{V}O_{2max}$ også her var signifikant relatert til økt eksekutiv funksjonalitet (Dupuy et al., 2015).

5.4 Problematisering av begrepet “kognitiv funksjon”

Seippel et al. (2016) påpeker problematikken rundt studier på fysisk aktivitet og skoleprestasjoner da det ofte ikke skilles godt nok mellom målemetoder og definisjoner samt hva som kjennetegner disse. Det påpekes eksempelvis at begreper som kognitive ferdigheter, kognitive prestasjoner, karakterer og skoleprestasjoner brukes om hverandre.

En karakter kan imidlertid være et svært subjektivt målebegrep og være bestemt av mange underliggende faktorer som eksempelvis: motivasjon (Deci & Ryan, 1985, s. 256) forventninger og kvalitet i læringssituasjonen (Devadoss & Foltz, 1996), tillegg til personlighetsfaktorer og psykososiale faktorer både i – og utenfor skolen (Guillaume & Khachikian, 2011; Richardson, Abraham & Bond, 2012). Det er heller ikke utenkelig at ulike lærere kan gi ulike karakterer ut fra subjektive preferanser, noe som Reeves (2011) påpeker er nærmest umulig å unngå. Spesielt er det nærliggende å tenke at dette særlig vil kunne forekomme i fag med store rom for tolkning av akademisk prestasjon. Det ble imidlertid av Guskey og Bailey (2001) vist at det også i fag som matematikk, som kan oppfattes som et

svært objektivt fag med tanke på vurdering av karakter, funnet at lærersubjektivitet rundt karaktersetting i stor grad eksisterte også her. Underliggende dette kommer også lærers tolkinger og oppfatninger av læreplan da man vet at den oppfattede læreplan i følge Goodlad (1979) også er styrende for vurderingen i opplæringen. En karakter kan derfor ikke sees på som et nøyaktig mål på *faktiske* evner hos elever (Reeves, 2011).

Å inneha kognitive evner betyr derfor altså ikke at disse nødvendigvis gir seg utslag i akademisk ytelse i form av karakterer, men at de allikevel kan gi seg utslag i validerte tester som undersøker spesifikke kognitive domener. Dette er hovedargumentet for at karakter i denne studien ikke ble benyttet som et mål for kognitiv funksjon, for å undersøkes opp mot påvirkninger fra fysisk aktivitet.

Til tross for at det er blitt gjort mye forskning på området de siste årene er det fremdeles en del tvetydige resultater som ennå ikke gjør at det direkte kan konkluderes med effekten fysisk aktivitet kan ha på kognitiv funksjon i ulike aldersgrupper og i hvilken grad dette gjelder. I studier som undersøker effekter av tiltak må man også inkludere at resultater kan være farget av vissheten om å delta i et eksperiment med de forventninger og påvirkning av innsats det kan medføre hos både lærere og elever gjennom den såkalte “Hawthorneeffekten” (McCarney et al., 2007).

5.5 Styrker og svakheter

En metodisk styrke med studien var at det ble benyttet direkte validerte målinger av fysiologiske og kognitive parametre. I tillegg ble testene gjennomført innenfor 6 uker for å forsøke å unngå markante fysiologiske eller kognitive avvik mellom fysisk og kognitiv testdag. Spesielt var det en styrke å benytte direkte målinger av den viktigste fysiologiske parameteren $\dot{V}O_{2max}$, istedenfor å benytte seg av en estimasjon ut i fra andre indirekte mål på kardiorespiratorisk utholdenhet slik enkelte studier gjør (Newson & Kemps, 2008). Dette er en krevende prosess men gir større sikkerhet og mindre standardfeil (McArdle et al., 2015). Da det var et poeng å benytte målinger med høy sensitivitet som RT oppgitt i msek ved ulike stimuli, var det en styrke at den kognitive testen ble utført på data og ikke på papir slik flere andre kognitive tester gjøres. Dette ga høyere sensitivitet og nøyaktighet i målinger som er relevante for å fange opp svært små nyanser i hypotetiske sammenhenger mellom kardiorespiratorisk utholdenhet og evne til oppmerksomhet ved reaksjon og inhibisjon. I tillegg ble det benyttet et praktisk *digitalt* spørreskjema som ville kunne fange opp andre relevante variabler for studien, noe som ga mulighet for å kontrollere for disse i ettertid. Det

var også en styrke at undertegnede var til stede under all testing, også under utfylling av spørreskjema, slik at alle prosedyrer og fremgangsmåter foregikk hensiktsmessig.

Det var viktig at utvalget var representativt for populasjonen, om ikke ville funnene ikke kunne generaliseres på noen måte, uansett utvalgsstørrelse. En styrke var derfor at det ble åpnet for alle typer elever innen målgruppen i studien uansett fysisk form, erfaring eller treningsgrunnlag. I tillegg ble det benyttet to ulike skoler, spesielt for å forsøke unngå skjevheter som følge av karaktersnitt i tilfelle dette ville kunne ha noe å si for fysiologiske eller kognitive parametere. Direkte kommunikasjon med elevene var fordelaktig. Det ble holdt kontakt med hver enkelt elev gjennom meldinger på mobil hvor de fikk spørre om ting de lurte på, og komme med forslag til oppmøtetidspunkt, noe som kan ha skapt en økt følelse av nærhet og autonomi til prosjektet. Jevn kontakt kan ha bidratt til den høye prosentvise deltakelsen ved de to skolene. Det ble gjentatte ganger kommunisert at behovet for alle type elever uansett fysisk nivå var ønsket i studien. En ekstra motivator for å delta i prosjektet var nok for noen at jeg kunne tilby elevene gratis fotballkamp-billett gjennom en avtale jeg gjorde med SK Brann i tillegg til å få prøvd seg på spennende eksklusive og dyre fysiske tester.

En åpenbar begrensning ved studien er at det som følge av å benytte et tverrsnittsdesign ikke kan påvises kausale forhold i studien. I tillegg ville det kunne vært en styrke å benytte et større utvalg, da dette ville åpnet for muligheten til å oppdage svakere effekter mellom fysisk aktivitet og kognitiv funksjon. Det ville gitt en større presisjon og en mindre usikkerhet knyttet til generaliserbarhet. Imidlertid ville en større testgruppe være en svært krevende oppgave gitt de begrensede ressursene i studien. I enkelte tilfeller må en imidlertid se datamaterialet i sammenheng med utvalget, da et veldig stort utvalg også vil kunne øke sannsynligheten for å begå type II feil, som er å akseptere funn som egentlig burde blitt forkastet (Johannessen, Tufte & Christoffersen, 2010). I slike tilfeller vil tilogmed svake sammenhenger mellom to variabler kunne nå signifikansnivå, og det kan slik oppstå feil når man prøver å generalisere disse svake sammenhengene fra utvalg til populasjon (Sekaran, 2006, s. 296).

Det kunne også vært en styrke å inkludere spørsmål om spesielt søvn i tillegg til koffeininntak da det pekes på at dette kan ha påvirkning på oppmerksomhetsevne (Brunyé et al., 2010; M. Thomas et al., 2000). Faktorer som kunne dekke dette ble forsøkt fanget opp gjennom det subjektive spørsmålet om opplagthet før testen, men kunne med fordel ha vært inkludert, da dette ville kunne åpnet for objektive analyser for å evaluere om disse faktorene ville kunne være en sterkere prediktorvariabel enn en subjektiv oppfattelse av egen opplagthet.

5.6 Konklusjon

Resultatene fra studien tyder på at en høyere grad av kardiorespiratorisk utholdenhet har en positiv sammenheng med evne til oppmerksomhet hos unge voksne skoleelever, spesifikt innen evne til inhibisjon av distraherende stimuli. Funnene tyder på at en høyere kardiorespiratorisk utholdenhet er assosiert med en bedret modulering av top-down prosesser innen oppgaver som krever en høyere grad av evne til å foreta relevante oppmerksomhets-skifter, og som setter krav til viljestyrt inhibisjon. I tillegg indikerer funnene at assosiasjonene er sterkere som en konsekvens av tid, noe som tyder på at høyere kardiorespiratorisk utholdenhet fører til bedre prestasjon i kognitivt krevende oppgaver, over lenger tid. En litteraturgjennomgang tyder også på at fysisk aktivitet kan være fordelaktig for akademisk skoleprestasjon.

5.6.1 Implikasjoner

Studien supplerer en allerede svært begrenset empiri på området rundt fysisk aktivitet og kognitiv funksjon hos unge voksne. Resultatene kan ha implikasjoner for fremtidig forskning, og fokusområder. Flere studier er nødvendig for å vurdere forholdet mellom $\dot{V}O_{2max}$ og oppmerksomhet, og hvordan dette relaterer seg til mental trøtthet som en konsekvens av tidkrevende oppgaver. Fremtidige studier som i tillegg undersøker i hvilken grad evne til oppmerksomhetskontroll har overføringsverdi til akademisk skoleprestasjon, kan gi økt kunnskap rundt hvordan skolehverdagen kan legges opp for best å legge til rette for læring.

6.0 LITTERATURLISTE

- Aandstad, A., Holtberget, K., Hageberg, R., Holme, I. & Anderssen, S. A. (2014). Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis and skinfold thickness in predicting body fat in military personnel. *Military medicine*, 179(2), 208-217.
- Abdullaev, Y. G., Bechtereva, N. P. & Melnichuk, K. V. (1998). Neuronal activity of human caudate nucleus and prefrontal cortex in cognitive tasks. *Behavioural brain research*, 97(1), 159-177.
- Armstrong, N. & Welsman, J. R. (1994). Assessment and Interpretation of Aerobic Fitness in Children and Adolescents. *Exercise and sport sciences reviews*, 22(1), 435-476.
- Atomi, Y., Iwaoka, K., Hatta, H., Miyashita, M. & Yamamoto, Y. (1986). Daily physical activity levels in preadolescent boys related to $\dot{V}_{O_{2max}}$ and lactate threshold. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 55(2), 156-161.
- Bahr, R. (2009). *Aktivitetshåndboken: fysisk aktivitet i forebygging og behandling*: Helsedirektoratet.
- Ball, K., Berch, D. B., Helmers, K. F., Jobe, J. B., Leveck, M. D., Marsiske, M., . . . Tennstedt, S. L. (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults: a randomized controlled trial. *Jama*, 288(18), 2271-2281.
- Barnes, D. E., Yaffe, K., Satariano, W. A. & Tager, I. B. (2003). A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(4), 459-465.
- Bassett, D. & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(1), 70-84.
- Bekinschtein, P., Cammarota, M. & Medina, J. H. (2014). BDNF and memory processing. *Neuropharmacology*, 76, 677-683.
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331-351.
- Bialystok, E. (2006). Effect of bilingualism and computer video game experience on the Simon task. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 60(1), 68.

- Biau, D. J., Kernéis, S. & Porcher, R. (2008). Statistics in brief: the importance of sample size in the planning and interpretation of medical research. *Clinical orthopaedics and related research*, 466(9), 2282-2288.
- Bibeau, W. S., Moore, J. B., Mitchell, N. G., Vargas-Tonsing, T. & Bartholomew, J. B. (2010). Effects of acute resistance training of different intensities and rest periods on anxiety and affect. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2184-2191.
- Biddle, S. J. & Asare, M. (2011). Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *British journal of sports medicine*, bjsports90185.
- Biospace. (2008). *InBody720 Results Interpretation & Application*. Hentet 06.01.2015 fra <http://www.bodyanalyse.no/docs/720%20how%20to%20read%20result%20sheet%20v2.pdf>
- Bishop, D., Jenkins, D. G. & Mackinnon, L. T. (1998). The effect of stage duration on the calculation of peak $\dot{V}O_2$ during cycle ergometry. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 1(3), 171-178.
- Blasi, G., Goldberg, T. E., Weickert, T., Das, S., Kohn, P., Zolnick, B., . . . Mattay, V. S. (2006). Brain regions underlying response inhibition and interference monitoring and suppression. *European Journal of Neuroscience*, 23(6), 1658-1664.
- Boksem, M. A., Meijman, T. F. & Lorist, M. M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. *Cognitive brain research*, 25(1), 107-116.
- Boksem, M. A. & Tops, M. (2008). Mental fatigue: costs and benefits. *Brain research reviews*, 59(1), 125-139.
- Boot, W. R., Blakely, D. P. & Simons, D. J. (2011). Do action video games improve perception and cognition? *Frontiers in psychology*, 2, 226.
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M. & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta psychologica*, 129(3), 387-398.
- Borg, G. A. & Noble, B. J. (1974). Perceived exertion. *Exercise and sport sciences reviews*, 2(1), 131-154.
- Bouchard, C., Shepard, R. & Stephens, T. (1993). Physical activity fitness and health consensus statement Champaign. IL: *Human Kinetics*.
- Brice, C. & Smith, A. (2001). The effects of caffeine on simulated driving, subjective alertness and sustained attention. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 16(7), 523-531.

- Brown, I. D. (1994). Driver fatigue. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 36(2), 298-314.
- Brown, J., Mahon, A. & Plank, D. (2002). Attainment of maximal exercise criteria in boys and men. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 42(2), 135.
- Brunyé, T. T., Mahoney, C. R., Lieberman, H. R. & Taylor, H. A. (2010). Caffeine modulates attention network function. *Brain and cognition*, 72(2), 181-188.
- Bråten, M. & Andersen, L. A. (2013). *Hva er koordinasjon?* Hentet 7. april 2016 fra <http://www.olympiatoppen.no/fagomraader/trening/teknikkmotorikk/fagstoff/generelt/page2917.html>
- Carrasco, M. (2011). Visual attention: The past 25 years. *Vision research*, 51(13), 1484-1525.
- Carter, C. S., Krener, P., Chaderjian, M., Northcutt, C. & Wolfe, V. (1995). Asymmetrical visual-spatial attentional performance in ADHD: evidence for a right hemispheric deficit. *Biological psychiatry*, 37(11), 789-797.
- Castel, A. D., Pratt, J. & Drummond, E. (2005). The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficiency of visual search. *Acta psychologica*, 119(2), 217-230.
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M. & Erwin, H. E. (2007). Physical fitness and academic achievement in third-and fifth-grade students. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 29(2), 239.
- Cerretelli, P. & Prampero, P. E. (1987). Gas exchange in exercise. *Comprehensive Physiology*.
- Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H. & Kramer, A. F. (2011). A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(06), 975-985.
- Chan, R. C., Shum, D., Touloupoulou, T. & Chen, E. Y. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of clinical neuropsychology*, 23(2), 201-216.
- Church, T. S., Gill, T. M., Newman, A. B., Blair, S. N., Earnest, C. P. & Pahor, M. (2008). Maximal fitness testing in sedentary elderly at substantial risk of disability: LIFE-P study experience. *Journal of aging and physical activity*, 16(4), 408.
- Clark, C. J. & Cochrane, L. M. (1988). Assessment of work performance in asthma for determination of cardiorespiratory fitness and training capacity. *Thorax*, 43(10), 745-749.

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. 1988. *Lawrence Erlbaum Associates.: Hillsdale, New Jersey*.
- Colcombe, S. & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults a meta-analytic study. *Psychological science*, *14*(2), 125-130.
- Dahl, R. E. (1996). The regulation of sleep and arousal: Development and psychopathology. *Development and psychopathology*, *8*(01), 3-27.
- Day, J. R., Rossiter, H. B., Coats, E. M., Skasick, A. & Whipp, B. J. (2003). The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *Journal of applied physiology*, *95*(5), 1901-1907.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*: Springer Science & Business Media.
- Dempster, F. N. (1995). Interference and inhibition in cognition: An historical perspective.
- Dempster, F. N. & Corkill, A. J. (1999). Interference and inhibition in cognition and behavior: Unifying themes for educational psychology. *Educational Psychology Review*, *11*(1), 1-88.
- Devadoss, S. & Foltz, J. (1996). Evaluation of factors influencing student class attendance and performance. *American Journal of Agricultural Economics*, *78*(3), 499-507.
- Di Matteo, V., Pierucci, M., Di Giovanni, G., Benigno, A. & Esposito, E. (2007). The neurobiological bases for the pharmacotherapy of nicotine addiction. *Current pharmaceutical design*, *13*(12), 1269-1284.
- Dietrichs, E. & Gjerstad, L. (2007). *Vår fantastiske hjerne*: Universitetsforlaget.
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U. & May, A. (2004). Neuroplasticity: changes in grey matter induced by training. *Nature*, *427*(6972), 311-312.
- Dupuy, O., Gauthier, C. J., Fraser, S. A., Desjardins-Crèpeau, L., Desjardins, M., Mekary, S., . . . Bherer, L. (2015). Higher levels of cardiovascular fitness are associated with better executive function and prefrontal oxygenation in younger and older women. *Frontiers in human neuroscience*, *9*.
- Dwyer, T., Coonan, W. E., Leitch, D. R., Hetzel, B. S. & Baghurst, R. (1983). An investigation of the effects of daily physical activity on the health of primary school students in South Australia. *International journal of epidemiology*, *12*(3), 308-313.
- Edvardsen, E., Hansen, B. H., Holme, I. M., Dyrstad, S. M. & Anderssen, S. A. (2013). Reference values for cardiorespiratory response and fitness on the treadmill in a 20-to 85-year-old population. *CHEST Journal*, *144*(1), 241-248.

- Erickson, K. I., Leckie, R. L. & Weinstein, A. M. (2014). Physical activity, fitness, and gray matter volume. *Neurobiology of aging*, 35, S20-S28.
- Ericsson, I. (2003). *Motorik, koncentrationsförmåga och skolprestationer: en interventionsstudie i skolår 1-3*: Lund University.
- Ericsson, I. & Karlsson, M. (2014). Motor skills and school performance in children with daily physical education in school—a 9-year intervention study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(2), 273-278.
- Eriksen, B. A. & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & psychophysics*, 16(1), 143-149.
- Etnier, J. L., Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M. & Nowell, P. (1997). The influence of physical fitness and exercise upon cognitive functioning: a meta—analysis. *Journal of sport and Exercise Psychology*, 19, 249-277.
- Facoetti, A., Lorusso, M. L., Paganoni, P., Umiltà, C. & Mascetti, G. G. (2003). The role of visuospatial attention in developmental dyslexia: evidence from a rehabilitation study. *Cognitive Brain Research*, 15(2), 154-164.
- Franceschini, S., Gori, S., Ruffino, M., Pedrolli, K. & Facoetti, A. (2012). A causal link between visual spatial attention and reading acquisition. *Current Biology*, 22(9), 814-819.
- Freeman, W., Williams, C. & Nute, M. (1990). Endurance running performance in athletes with asthma. *Journal of sports sciences*, 8(2), 103-117.
- Friedman, S. L., Klivington, K. A. & Peterson, R. W. (2013). *The brain, cognition, and education*: Academic Press.
- Frøyd, C., Madsen, Ø., Tønnessen, E., Wisnes, A. R. & Aasen, S. B. (2005). *UTHOLDENHET - trening som gir resultater*. Oslo: Akilles.
- Fuchs, E. & Flügge, G. (2014). Adult neuroplasticity: more than 40 years of research. *Neural plasticity*, 2014.
- Gabay, S. & Henik, A. (2008). The effects of expectancy on inhibition of return. *Cognition*, 106(3), 1478-1486.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I.-M., . . . Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334-1359.

- George, D. (2003). *SPSS for windows step by step: A simple study guide and reference, 17.0 update, 10/e*: Pearson Education India.
- Gibson, A. L., Holmes, J. C., Desautels, R. L., Edmonds, L. B. & Nuudi, L. (2008). Ability of new octapolar bioimpedance spectroscopy analyzers to predict 4-component–model percentage body fat in Hispanic, black, and white adults. *The American journal of clinical nutrition, 87*(2), 332-338.
- Goh, J. O., An, Y. & Resnick, S. M. (2012). Differential trajectories of age-related changes in components of executive and memory processes. *Psychology and aging, 27*(3), 707.
- Gomez-Pinilla, F. & Hillman, C. (2013). The influence of exercise on cognitive abilities. *Comprehensive Physiology*.
- Goodlad, J. I. (1979). *Curriculum Inquiry. The Study of Curriculum Practice*.
- Gormley, S. E., Swain, D. P., High, R., Spina, R. J., Dowling, E. A., Kotipalli, U. S. & Gandrakota, R. (2008). Effect of Intensity of Aerobic Training on VO₂ max. *Medicine and science in sports and exercise, 40*(7), 1336.
- Green, C. S. & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature, 423*(6939), 534-537.
- Green, C. S. & Bavelier, D. (2012). Learning, attentional control, and action video games. *Current biology, 22*(6), R197-R206.
- Greenberg, J. S., Dintiman, G. B. & Oakes, B. M. (2004). *Physical fitness and wellness: Changing the way you look, feel, and perform: Human Kinetics*.
- Greenwood, C. R., Horton, B. T. & Utley, C. A. (2002). Academic engagement: Current perspectives on research and practice. *School Psychology Review, 31*(3), 328.
- Grissom, J. B. (2005). Physical fitness and academic achievement. *Journal of Exercise Physiology Online, 8*(1), 11-25.
- Guillaume, D. W. & Khachikian, C. S. (2011). The effect of time-on-task on student grades and grade expectations. *Assessment & Evaluation in Higher Education, 36*(3), 251-261.
- Guiney, H., Lucas, S. J., Cotter, J. D. & Machado, L. (2015). Evidence cerebral blood-flow regulation mediates exercise–cognition links in healthy young adults. *Neuropsychology, 29*(1), 1.
- Guiney, H. & Machado, L. (2013). Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic bulletin & review, 20*(1), 73-86.

- Gundersen, H., Helland, C. A., Raeder, M. B., Hugdahl, K. & Wester, K. (2007). Visual attention in patients with intracranial arachnoid cysts. *Journal of neurology*, 254(1), 60-66.
- Guskey, T. R. & Bailey, J. M. (2001). *Developing grading and reporting systems for student learning*: Corwin Press.
- Hauge, A. (2009). *reaksjonstid*. Hentet 7. april, 2016
- Hayes, S. M., Forman, D. E. & Verfaellie, M. (2014). Cardiorespiratory fitness is associated with cognitive performance in older but not younger adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, gbu167.
- Hayward, D. A. & Ristic, J. (2013). Measuring attention using the Posner cuing paradigm: the role of across and within trial target probabilities. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 205.
- Heishman, S. J., Kleykamp, B. A. & Singleton, E. G. (2010). Meta-analysis of the acute effects of nicotine and smoking on human performance. *Psychopharmacology*, 210(4), 453-469.
- Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., . . . Bach, R. (2007). Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO₂ max More Than Moderate Training. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(4), 665.
- Helsedirektoratet. (2014). *Kunnskapsgrunnlag fysisk aktivitet – Innspill til departementets videre arbeid for økt fysisk aktivitet og redusert inaktivitet i befolkningen*. Hentet 7. april 2016 fra <https://helsedirektoratet.no/publikasjoner/kunnskapsgrunnlag-fysisk-aktivitet-innspill-til-departementets-videre-arbeid-for-okt-fysisk-aktivitet-og-reduisert-inaktivitet-i-befolkningen>
- Helsedirektoratet. (2015). *Statistikk om fysisk aktivitetsnivå og stillesitting*. Hentet 7. april 2016 fra <https://helsedirektoratet.no/folkehelse/fysisk-aktivitet/statistikk-om-fysisk-aktivitetsniva-og-stillesitting>
- Helseforskningsloven, LOV-2008-06-20-44. (2008). *Lov om medisinsk og helsefaglig forskning*. Hentet 11. april 2016 fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-20-44>
- Hem, E. & Leirstein, S. (2013-2015). *TESTING AV UTHOLDENHET*. Hentet 16.12.2015
- Hill, A. & Lupton, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *QJM*,(62), 135-171.

- Hill, A. V., Long, C. & Lupton, H. (1924). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilisation of oxygen. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 84-138.
- Hillman, C. H., Castelli, D. M. & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(11), 1967.
- Hillman, C. H., Motl, R. W., Pontifex, M. B., Posthuma, D., Stubbe, J. H., Boomsma, D. I. & De Geus, E. J. (2006). Physical activity and cognitive function in a cross-section of younger and older community-dwelling individuals. *Health psychology*, 25(6), 678.
- Horne, J. (1992). Human slow wave sleep: a review and appraisal of recent findings, with implications for sleep functions, and psychiatric illness. *Experientia*, 48(10), 941-954.
- Horne, J. A. (1993). Human sleep, sleep loss and behaviour: Implications for the prefrontal cortex and psychiatric disorder. *The British Journal of Psychiatry*.
- Howley, E. T., Bassett, D. R. & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, (27), 1292-1301.
- Huang-Pollock, C. L. & Nigg, J. T. (2003). Searching for the attention deficit in attention deficit hyperactivity disorder: The case of visuospatial orienting. *Clinical Psychology Review*, 23(6), 801-830.
- Hyde, T. E. & Gengenbach, M. S. (2007). *Conservative management of sports injuries*: Jones & Bartlett Learning.
- InBody. (2008). *Huskeregler for analyse med InBody*. Hentet 06 januar 2016 fra <http://www.bodyanalyse.no/InBody-720/Detailert-forklaring/Huskeregler-for-analyse-med-InBody-720>
- Irgens-Hansen, K., Gundersen, H., Sunde, E., Baste, V., Harris, A., Bråtveit, M. & Moen, B. E. (2015). Noise exposure and cognitive performance: A study on personnel on board Royal Norwegian Navy vessels. *Noise and Health*, 17(78), 320.
- Irons, J. L., Remington, R. W. & McLean, J. P. (2011). Not so fast: Rethinking the effects of action video games on attentional capacity. *Australian Journal of Psychology*, 63(4), 224-231.
- Issekutz, B., Birkhead, N. & Rodahl, K. (1962). Use of respiratory quotients in assessment of aerobic work capacity. *Journal of Applied Physiology*, 17(1), 47-50.
- Issekutz, B. & Rodahl, K. (1961). Respiratory quotient during exercise. *Journal of applied physiology*, 16(4), 606-610.

- Jensen, A. R. (2006). *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences*: Elsevier.
- Jhaveri, D. J., Mackay, E. W., Hamlin, A. S., Marathe, S. V., Nandam, L. S., Vaidya, V. A. & Bartlett, P. F. (2010). Norepinephrine directly activates adult hippocampal precursors via β 3-adrenergic receptors. *The Journal of Neuroscience*, 30(7), 2795-2806.
- Johannessen, A., Tufte, P. A. & Christoffersen, L. (2010). Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode.
- Johnson, A. & Proctor, R. W. (2004). *Attention: Theory and practice*: Sage Publications.
- Jordet, A. N. (2010). *Klasserommet utenfor: tilpasset opplæring i et utvidet læringsrom*: Cappelen Akademisk.
- Jorm, A. F. & Jolley, D. (1998). The incidence of dementia A meta-analysis. *Neurology*, 51(3), 728-733.
- Kane, M. J. & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic bulletin & review*, 9(4), 637-671.
- Katch, V. L., Mcardle, W. D. & Katch, F. I. (2011). *Essentials of Exercise Physiology* (Fourth edition. utg.). Philadelphia, PA 19103: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Keeley, T. J. & Fox, K. R. (2009). The impact of physical activity and fitness on academic achievement and cognitive performance in children.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. & Costill, D. (2015). *Physiology of Sport and Exercise 6th Edition*: Human kinetics.
- Kirkendall, D. R. (1986). Effects of physical activity on intellectual development and academic performance. *Academy papers*, 49-63.
- Knight, R. T., Staines, W. R., Swick, D. & Chao, L. L. (1999). Prefrontal cortex regulates inhibition and excitation in distributed neural networks. *Acta psychologica*, 101(2), 159-178.
- Kofler, M. J., Rapport, M. D., Sarver, D. E., Raiker, J. S., Orban, S. A., Friedman, L. M. & Kolomeyer, E. G. (2013). Reaction time variability in ADHD: a meta-analytic review of 319 studies. *Clinical psychology review*, 33(6), 795-811.
- Kramer, A. F. & Erickson, K. I. (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends in cognitive sciences*, 11(8), 342-348.

- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., . . . Boileau, R. A. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, *400*(6743), 418-419.
- Kubesch, S., Bretschneider, V., Freudenmann, R., Weidenhammer, N., Lehmann, M., Spitzer, M. & Gron, G. (2003). Aerobic endurance exercise improves executive functions in depressed patients. *Journal of Clinical Psychiatry*, *64*(9), 1005-1012.
- Lal, S. K. & Craig, A. (2001). A critical review of the psychophysiology of driver fatigue. *Biological psychology*, *55*(3), 173-194.
- Leppo, M. L., Davis, D. & Crim, B. (2000). The basics of exercising the mind and body. *Childhood Education*, *76*(3), 142-147.
- Lim, J. S., Hwang, J. S., Lee, J. A., Kim, D. H., Park, K. D., Jeong, J. S. & Cheon, G. J. (2009). Cross-calibration of multi-frequency bioelectrical impedance analysis with eight-point tactile electrodes and dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in healthy children aged 6–18 years. *Pediatrics international*, *51*(2), 263-268.
- Ling, C. H., de Craen, A. J., Slagboom, P. E., Gunn, D. A., Stokkel, M. P., Westendorp, R. G. & Maier, A. B. (2011). Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clinical Nutrition*, *30*(5), 610-615.
- LLorens-Martin, M., Torres-Aleman, I. & Trejo, J. L. (2009). Reviews: mechanisms mediating brain plasticity: IGF1 and adult hippocampal neurogenesis. *The neuroscientist*, *15*(2), 134-148.
- MacLeod, C. M. (2007). The concept of inhibition in cognition. *Inhibition in cognition*, 3-23.
- Malenka, R. C., Nestler, E. & Hyman, S. (2009). *Molecular Neuropharmacology: A Foundation for Clinical Neuroscience*: New York: McGraw-Hill Medical. ISBN.
- Malenka, R. C., Nestler, E., Hyman, S., Sydor, A. & Brown, R. (2009). *Molecular Neuropharmacology: A Foundation for Clinical Neuroscience*: New York: McGrawHill Medical. Book.
- Malt, U. (2015). *eksekutive funksjoner*. Hentet 4. mars 2016 fra https://snl.no/eksekutive_funksjoner
- Mangun, G. R. & Hillyard, S. A. (1991). Modulations of sensory-evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual-spatial priming. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, *17*(4), 1057.

- Marcora, S. M., Staiano, W. & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857-864.
- Martinsen, E. W. (2008). Physical activity in the prevention and treatment of anxiety and depression. *Nordic journal of psychiatry*, 62(sup47), 25-29.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (2015). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance* (8. utg.): Lippincott Williams & Wilkins.
- McCarney, R., Warner, J., Iliffe, S., Van Haselen, R., Griffin, M. & Fisher, P. (2007). The Hawthorne Effect: a randomised, controlled trial. *BMC medical research methodology*, 7(1), 1.
- McDonald, S., Bennett, K., Chambers, H. & Castiello, U. (1999). Covert orienting and focusing of attention in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Neuropsychologia*, 37(3), 345-356.
- McMorris, T., Collard, K., Corbett, J., Dicks, M. & Swain, J. (2008). A test of the catecholamines hypothesis for an acute exercise–cognition interaction. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 89(1), 106-115.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Polman, R. & Marchant, D. (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake. *Sports Medicine*, 37(12), 1019-1028.
- Murphy, K. & Spencer, A. (2009). Playing video games does not make for better visual attention skills. *Journal of Articles in Support of the Null Hypothesis*, 6(1), 1-20.
- Myers, J., Walsh, D., Sullivan, M. & Froelicher, V. (1990). Effect of sampling on variability and plateau in oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology*, 68(1), 404-410.
- Nelson, M. D., Petersen, S. R. & Dlin, R. A. (2010). Effects of age and counseling on the cardiorespiratory response to graded exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(2), 255-264.
- Neves, G., Cooke, S. F. & Bliss, T. V. (2008). Synaptic plasticity, memory and the hippocampus: a neural network approach to causality. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 65-75.
- Newson, R. S. & Kemps, E. B. (2008). Relationship between fitness and cognitive performance in younger and older adults. *Psychology and Health*, 23(3), 369-386.
- Nigg, J. T., Swanson, J. M. & Hinshaw, S. P. (1997). Covert visual spatial attention in boys with attention deficit hyperactivity disorder: lateral effects, methylphenidate response and results for parents. *Neuropsychologia*, 35(2), 165-176.

NTNU. *Norsk versjon av Borgs skala*. Hentet 16. november 2015 fra

<https://www.ntnu.no/documents/6409319/6409352/Riktig+Borgs+skala.pdf/ac198d43-675a-4831-b2a4-4a92e48b7e9c>

Nylenna, M. (2007). Hjerne. I *Store Medisinske Leksikon*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag ASA.

Olympiatoppen. (2013). *Vanlige spørsmål om våre tester*. Hentet 16. desember 2015 fra http://www.olympiatoppen.no/fagomraader/trening/testing/testing_av_utholdenhet/vanligesporstal/page2074.html

Owen, A. M., Hampshire, A., Grahn, J. A., Stenton, R., Dajani, S., Burns, A. S., . . . Ballard, C. G. (2010). Putting brain training to the test. *Nature*, 465(7299), 775-778.

Paffenbarger, R. S., Wing, A. L. & Hyde, R. T. (1978). Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni. *American Journal of epidemiology*, 108(3), 161-175.

Parasuraman, R., Warm, J. S. & See, J. E. (1998). Brain systems of vigilance.

Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological bulletin*, 116(2), 220.

Pinto, Y., van der Leij, A. R., Sligte, I. G., Lamme, V. A. & Scholte, H. S. (2013). Bottom-up and top-down attention are independent. *Journal of vision*, 13(3), 16-16.

Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly journal of experimental psychology*, 32(1), 3-25.

Posner, M. I. (1987). Structures and functions of selective attention.

Posner, M. I. & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and performance X: Control of language processes*, 32, 531-556.

Posner, M. I. & Friedrich, F. J. (1986). Attention and the control of cognition. *The brain, cognition, and education*, 81-103.

Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. A. & Rafal, R. D. (1987). How do the parietal lobes direct covert attention? *Neuropsychologia*, 25(1), 135-145.

Rasberry, C. N., Lee, S. M., Robin, L., Laris, B., Russell, L. A., Coyle, K. K. & Nihiser, A. J. (2011). The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: a systematic review of the literature. *Preventive medicine*, 52, S10-S20.

Reeves, D. (2011). *Elements of grading: A guide to effective practice*: Solution Tree Press.

Richardson, M., Abraham, C. & Bond, R. (2012). Psychological correlates of university students' academic performance: a systematic review and meta-analysis. *Psychological bulletin*, 138(2), 353.

- Robergs, R. A. & Roberts, S. (1997). *Exercise physiology: exercise, performance, and clinical applications*: Mosby St. Louis.
- Rogers, R. L., Meyer, J. S. & Mortel, K. F. (1990). After reaching retirement age physical activity sustains cerebral perfusion and cognition. *Journal of the American Geriatrics Society*, 38(2), 123-128.
- Rowell, L. B. (1974). Human Cardiovascular Adjustments to Exercise and Thermal Stress. *Physiological Reviews*, 54(1), 75-103.
- Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Castillo, R., Martín-Matillas, M., Kwak, L., Vicente-Rodríguez, G., . . . Moreno, L. A. (2010). Physical activity, fitness, weight status, and cognitive performance in adolescents. *The Journal of pediatrics*, 157(6), 917-922. e915.
- Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Kolody, B., Lewis, M., Marshall, S. & Rosengard, P. (1999). Effects of health-related physical education on academic achievement: Project SPARK. *Research quarterly for exercise and sport*, 70(2), 127-134.
- Sand, O., Sjaastad, Ø. V. & Haug, E. (2001). *Menneskets fysiologi*: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Schembre, S. M. & Riebe, D. A. (2011). Non-exercise estimation of VO₂max using the international physical activity questionnaire. *Measurement in physical education and exercise science*, 15(3), 168-181.
- Scholz, J., Klein, M. C., Behrens, T. E. & Johansen-Berg, H. (2009). Training induces changes in white-matter architecture. *Nature neuroscience*, 12(11), 1370-1371.
- Schreij, D., Owens, C. & Theeuwes, J. (2008). Abrupt onsets capture attention independent of top-down control settings. *Perception & Psychophysics*, 70(2), 208-218.
- Schweltnus, M. P. (2009). *The Encyclopaedia of Sports Medicine: An IOC Medical Commission Publication, The Olympic Textbook of Medicine in Sport* (Bind 14): John Wiley & Sons.
- Seippel, Ø., Sisjord, M. K. & Strandbu, Å. (2016). *Ungdom og idrett*. Oslo: Cappelen Damm.
- Sekaran, U. (2006). *Research methods for business: A skill building approach*: John Wiley & Sons.
- Seki, T., Sawamoto, K., Parent, J. M. & Alvarez-Buylla, A. (2011). *Neurogenesis in the Adult Brain II: Clinical Implications* (Bind 2): Springer Science & Business Media.
- Shay, K. A. & Roth, D. L. (1992). Association between aerobic fitness and visuospatial performance in healthy older adults. *Psychology and aging*, 7(1), 15.
- Shephard, R. J. (1984). Tests of maximum oxygen intake a critical review. *Sports Medicine*, 1(2), 99-124.

- Shephard, R. J. (1997). Curricular physical activity and academic performance. *Pediatric exercise science*, 9, 113-126.
- Shephard, R. J., Lavallee, H., Volle, M., LaBarre, R. & Beaucage, C. (1994). Academic skills and required physical education: The Trois Rivieres experience. *CAHPER Research Supplement*, 1(1), 1-12.
- Sheskin, D. J. (2003). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures*: crc Press.
- Shevrin, H. (1996). *Conscious and unconscious processes: Psychodynamic, cognitive, and neurophysiological convergences*: Guilford Press.
- Shvartz, E. & Reibold, R. (1990). Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviation, space, and environmental medicine*, 61(1), 3-11.
- Sibley, B. A. & Etnier, J. L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: a meta-analysis. *Pediatric exercise science*, 15(3), 243-256.
- Siegel, W., Blomqvist, G. & Mitchell, J. H. (1970). Effects of a quantitated physical training program on middle-aged sedentary men. *Circulation*, 41(1), 19-29.
- Singh, A., Uijtdewilligen, L., Twisk, J. W., Van Mechelen, W. & Chinapaw, M. J. (2012). Physical activity and performance at school: a systematic review of the literature including a methodological quality assessment. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 166(1), 49-55.
- Skaper, S. D. (2012). The neurotrophin family of neurotrophic factors: an overview. *Neurotrophic Factors: Methods and Protocols*, 1-12.
- Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Hoffman, B. M., Cooper, H., Strauman, T. A., Welsh-Bohmer, K., . . . Sherwood, A. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic medicine*, 72(3), 239.
- St Clair-Thompson, H. L. & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The quarterly journal of experimental psychology*, 59(4), 745-759.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18(6), 643.
- Svartdal, F. (2012). *kognitiv nevrovitenskap*. Hentet 3. desember 2015 fra https://snl.no/kognitiv_nevrovitenskap

- Swanson, J. M., Posner, M., Potkin, S., Bonforte, S., Youpa, D., Fiore, C., . . . Crinella, F. (1991). Activating tasks for the study of visual-spatial attention in ADHD children: a cognitive anatomic approach. *Journal of Child Neurology*, 6(1 suppl), S119-S127.
- Szuhany, K. L., Bugatti, M. & Otto, M. W. (2015). A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *Journal of psychiatric research*, 60, 56-64.
- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M. & Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(10), 1327-1330.
- Tarumi, T. & Zhang, R. (2014). Cerebral hemodynamics of the aging brain: risk of Alzheimer disease and benefit of aerobic exercise.
- Taylor, H. L., Buskirk, E. & Henschel, A. (1955). Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *Journal of applied physiology*, 8(1), 73-80.
- Teigen, K. H. (2012). *persepsjon - psykologi* Hentet 3. desember 2015 fra <https://snl.no/persepsjon%2Fpsykologi>
- Themanson, J. R., Pontifex, M. B. & Hillman, C. H. (2008). Fitness and action monitoring: evidence for improved cognitive flexibility in young adults. *Neuroscience*, 157(2), 319-328.
- Thiel, C. M., Zilles, K. & Fink, G. R. (2004). Cerebral correlates of alerting, orienting and reorienting of visuospatial attention: an event-related fMRI study. *Neuroimage*, 21(1), 318-328.
- Thomas, M., Sing, H., Belenky, G., Holcomb, H., Mayberg, H., Dannals, R., . . . Rowland, L. (2000). Neural basis of alertness and cognitive performance impairments during sleepiness. I. Effects of 24 h of sleep deprivation on waking human regional brain activity. *Journal of sleep research*, 9(4), 335-352.
- Thomas, S. N., Schroeder, T., Secher, N. H. & Mitchell, J. H. (1989). Cerebral blood flow during submaximal and maximal dynamic exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 67(2), 744-748.
- Tomprowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H. & Naglieri, J. A. (2008). Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educational psychology review*, 20(2), 111-131.

- Tompuri, T. T., Lakka, T. A., Hakulinen, M., Lindi, V., Laaksonen, D. E., Kilpeläinen, T. O., . . . Laitinen, T. (2015). Assessment of body composition by dual-energy X-ray absorptiometry, bioimpedance analysis and anthropometrics in children: the Physical Activity and Nutrition in Children study. *Clinical physiology and functional imaging*, 35(1), 21-33.
- Trejo, J. L., Carro, E. & Torres-Alemán, I. (2001). Circulating insulin-like growth factor I mediates exercise-induced increases in the number of new neurons in the adult hippocampus. *The Journal of neuroscience*, 21(5), 1628-1634.
- Trudeau, F. & Shephard, R. J. (2008). Physical education, school physical activity, school sports and academic performance. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 5(1), 10.
- Van der Linden, D. & Eling, P. (2006). Mental fatigue disturbs local processing more than global processing. *Psychological research*, 70(5), 395-402.
- Van Praag, H., Kempermann, G. & Gage, F. H. (1999). Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature neuroscience*, 2(3), 266-270.
- Vecera, S. P. & Rizzo, M. (2003). Spatial attention: normal processes and their breakdown. *Neurologic clinics*, 21(3), 575-607.
- Vuontela, V., Carlson, S., Troberg, A.-M., Fontell, T., Simola, P., Saarinen, S. & Aronen, E. T. (2013). Working memory, attention, inhibition, and their relation to adaptive functioning and behavioral/emotional symptoms in school-aged children. *Child Psychiatry & Human Development*, 44(1), 105-122.
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., . . . Floel, A. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of learning and memory*, 87(4), 597-609.
- Wu, J. C., Gillin, J., Buchsbaum, M. S. & Hershey, T. (1991). The effect of sleep deprivation on cerebral glucose metabolic rate in normal humans assessed with positron emission tomography. *Sleep: Journal of Sleep Research & Sleep Medicine*.
- Wu, J. C., Gillin, J. C., Buchsbaum, M. S., Chen, P., Keator, D. B., Wu, N. K., . . . Bunney, W. E. (2006). Frontal lobe metabolic decreases with sleep deprivation not totally reversed by recovery sleep. *Neuropsychopharmacology*, 31(12), 2783-2792.
- Yoon, B.-K., Kravitz, L. & Robergs, R. (2007). VO₂max, protocol duration, and the VO₂ plateau. *Med Sci Sports Exerc*, 39(7), 1186-1192.

- Åberg, M. A., Pedersen, N. L., Torén, K., Svartengren, M., Bäckstrand, B., Johnsson, T., . . .
Kuhn, H. G. (2009). Cardiovascular fitness is associated with cognition in young
adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(49), 20906-20911.
- Åstrand, P.-O. (1952). *Experimental studies of physical working capacity in relation to sex
and age*: Ejnar Munksgaard.

Artikkel

Impact of cardiorespiratory fitness on executive domains of selective attention in healthy young adults

Kandidat: Eivind Johannessen Wenggaard

Mastergradsprogram: Master i fysisk aktivitet og kosthold i et skolemiljø

Avdeling: Avdeling for lærerutdanning

Utdanningsinstitusjon: Høgskolen i Bergen

Planlagt publisert i: Psychology & Health

Forfatterveiledning for Psychology & Health, tilgjengelig fra:

<http://www.tandfonline.com/action/authorSubmission?journalCode=gps20&page=instructions#.VzhlyzCLTIU>, er brukt som retningslinjer for utforming av artikkelen i tillegg til de generelle

retningslinjene for mastergradsoppgaven.

Impact of cardiorespiratory fitness on executive domains of selective attention in healthy young adults

Forfatter:

Eivind Johannessen Wengard. Bachelor i idrett, Høgskolen i Bergen, 2011-2014. Student ved Høgskolen i Bergen 2014-2016, mastergrad i fysisk aktivitet og kosthold i et skolemiljø.

Kontaktinformasjon:

Eivind Johannessen Wengard

Sivles Gate 6

5059 Bergen

E-post: ewengard@hotmail.com

Tlf: +47 98 86 48 22

Antall ord sammendrag: 200

Antall ord i artikkel: 6124

Antall figurer: 2

Antall tabeller: 2

Abstract

Objective: The aim of this study was to evaluate relationships between cardiorespiratory fitness and cognitive performance within executive domains of selective attention and inhibitory control, in healthy young male adults. Secondary aim was to investigate relationships between $\dot{V}O_{2max}$ and mental fatigue.

Methods: 54 young male adults (17.9 ± 0.9 years, 71.5 ± 11.2 kg, 181.9 ± 7.0 cm) performed a graded treadmill-protocol to determine $\dot{V}O_{2max}$. A visuospatial attention test was used to determine reaction time (RT), accuracy and cognitive inhibition following three types of stimuli with different attentional demands.

Results: Multiple linear regression analysis showed a significant negative relationship between $\dot{V}O_{2max}$ and RT for the most demanding stimuli, also when adjusting for errors, alertness, video gaming experience, and nicotine use. The strongest relationship was seen in the last part of the test (crude: $\beta = -.323$, $p = .017$, adjusted: $\beta = -.335$, $p = .023$). There was no significant association between $\dot{V}O_{2max}$ and RT for the other stimuli categories

Conclusion: The results suggest positive associations between cardiorespiratory fitness on cognitive performance in healthy young adults; specifically on executive domains of selective attention and inhibitory control. Also, $\dot{V}O_{2max}$ was inversely correlated to mental fatigue.

Keywords: *Cardiorespiratory fitness, visual attention, young male adults, $\dot{V}O_{2max}$, reaction time, inhibition*

Introduction

Being physically active and fit is well known to have a positive impact on both physical and mental health (Garber et al., 2011; Penedo & Dahn, 2005). In recent years it has been an increased interest among researchers to also investigate possible interactions of physical activity (PA) on cognitive functions (CF). The major part of the research has focused on associations between PA through different measures of aerobic fitness, with several studies suggesting that higher fitness levels are associated with positive cognitive benefits. In general, previous research indicates that the association between fitness and cognition are larger for tasks requiring a high degree of executive functioning (Colcombe & Kramer, 2003; Guiney & Machado, 2013; Hillman, Buck, Themanson, Pontifex, & Castelli, 2009; Pontifex et al., 2011), particularly within different aspects of attentional ability such as inhibition and task switching (Buckley, Cohen, Kramer, McAuley, & Mullen, 2014).

The beneficial effects PA can have on executive functions seems evident even in healthy populations; yielding the potential to optimize CF through PA (Guiney & Machado, 2013). The underlying neurophysiological mechanisms of this effect have been the subject of much research, and findings suggest an intricate underlying interaction between several different mediating mechanisms. The underlying mechanisms include an increase in cerebral blood flow (Guiney, Lucas, Cotter, & Machado, 2015) as well as an elevated production of different neurotransmitters following PA, contributing to the growth and protection of neurons in the brain (Szuhany, Bugatti, & Otto, 2015; Tarumi & Zhang, 2014).

The major focus of research has revolved around older adults where it seems to be strong evidence that PA is an environmental factor associated with improvements in CF and a lower risk of developing neurocognitive disorders associated with age-related cognitive decline such as dementia (Bonaconsa et al., 2013; Hillman et al., 2006; Kramer et al., 1999; Laurin, Verreault, Lindsay, MacPherson, & Rockwood, 2001; Paillard, Rolland, & de Souto Barreto, 2015; Ruscheweyh et al., 2011). Some of the current research has also investigated links between PA and CF in developing children and adolescents with a growing number of studies showing positive associations particularly from aerobic exercise in this age group (Chaddock, Pontifex, Hillman, & Kramer, 2011; Fedewa & Ahn, 2011; Hillman et al., 2009).

Research on young adults is however very limited and have not received much attention regarding examining possible fitness-effects on CF (Cox et al., 2015). In addition to this, much of the research is characterized by a large number of different methods of measurement as well as differing definitions of cognitive functions, yielding ambiguous and

inconsistent results (Biddle & Asare, 2011). While some studies is suggestive of cognitive benefits from PA in this age group (Dupuy et al., 2015), other studies fail to demonstrate the same (Hayes, Forman, & Verfaellie, 2014). Newson and Kemps (2008) suggest a domain-specific influence from PA, with different cognitive domains affected differently in younger than in older adults.

In general the lack of research on young adults makes it difficult to point out which specific benefits aerobic exercise can have on CF. Knowing that executive functions develops throughout the childhood and declines in aging (Friedman, Nessler, Cycowicz, & Horton, 2009) the possible effects from PA may be elusive in young adulthood where cognition is developmentally peaking (Guiney et al., 2015; Hayes et al., 2014), thus demanding more specific and sensitive methods of measure.

It seems however, to be ample evidence pointing towards a positive association between PA and domains of executive functions such as attention (specifically selective attention), inhibition and task switching (Guiney & Machado, 2013). In a study by Themanson, Pontifex, and Hillman (2008) it was shown that higher fit individuals exhibited a better top-down control of attention, leading to a better modulation of responses to tasks when measuring selective attention. An increased voluntary control of attention through top-down processing enables subjects to selectively process the relevant information for making appropriate decisions.

Biddle and Asare (2011) define and categorize CF as a) IQ or intelligence, b) cognitive skills such as concentration and attention and c) academic achievements. Comparison of results from different studies can be difficult when examining the effect of PA on CF due to different definitions of PA and CF, but also due to differing methods of measure as well as study designs. Dupuy et al. (2015) points out a major weakness in many studies being that fitness is often measured by subjective self-reports or through submaximal tests.

As suggested by Guiney and Machado (2013) the current evidence base on effects PA can have on CF in healthy young adults is currently limited, and more data is needed to investigate if PA affects executive domains such as attentional and inhibitory control in young adults. Thus, the aim of this study is to further examine the link between PA and CF on this age group. To examine this relationship a direct measure of cardiorespiratory fitness employing a graded treadmill to determine $\dot{V}O_{2max}$ as well as a visuospatial test to determine performance within executive domains of selective attention and inhibitory control, was used.

Method

This study was approved by the Norwegian Social Science Data Services (NSD) (reference number: 44551). All participants were informed about the study and signed an informed consent. Participants could withdraw from the study at any point. Results were treated anonymously.

Participants

A cross-sectional design was employed. 66 young male students from 2 different high-schools in Norway were recruited, with 54 participants (17.9 ± 0.9 years, 71.5 ± 11.2 kg, 181.9 ± 7.0 cm, fat: 12.2 ± 5.6 % and muscle mass: 49.9 ± 3.6 %) completing *both* the physical and cognitive tests.

Procedures

Information regarding the study was sent via e-mail to the principals of two different high-schools in Norway, quickly announcing their willingness to participate in the study. An information meeting was then arranged where students willing to participate in the study signed an informed consent. Data was collected during a period of 6 weeks (week 39 – 45) from September-November, 2015. During the recruitment of participants, the need for both trained/active and untrained/sedentary participants was communicated. All physical tests were conducted in the physiological test lab at the Bergen University College, and all cognitive testing was completed at the students' respective schools.

Tests were conducted over two independent test-runs for all participants; one date for the physical tests (Day A) and one date for the cognitive tests (Day B), in that order (figure 1). Tests and measures were mainly carried out between 8.30-10.00 a.m. and 12.00-3.00 p.m.

Day A: Physical test day	Day B: Cognitive test day
1. General information	1. General information
2. Body composition analysis	2. Questionnaire
3. Warm-up	3. Trial-run of the cognitive test
4. $\dot{V}O_{2\max}$-test	4. Cognitive test
5. Borg-scale	

Figure 1: Test-sequence of Day A, and Day B

Physical assessment

All participants were told to dress appropriately for physical testing; wearing shorts or pants, a t-shirt and running shoes. Participants were asked if they had experienced any feeling of illness within the last week before testing, especially with symptoms of fever and/or impaired general condition. Participants were also asked if they had been diagnosed with heart disease, asthma or any type of disease that could potentially affect their cardiorespiratory system in a strenuous exercise test. Before testing, all participants were informed orally on test procedures, and were given the opportunity to ask questions regarding the tests. Participants in the study were asked not to engage in any strenuous physical exercise the day before the physical tests as this could affect the results (Olympiatoppen, 2013).

Body composition analysis

A Direct Segmental Multi-frequency Bioelectrical Impedance Analysis (DSM-BIA) for determining body composition was performed using the In-Body720 body composition analyzer, for all participants. The analysis was conducted before any activity was performed. This type of analysis has been shown to provide a high accuracy, reliability and validity in studies where different genders, body-types and age-groups has been accounted for (Lim et al., 2009; Ling et al., 2011; Tompuri et al., 2015).

To standardize the test-procedure and to ensure its reliability; participants were instructed on several factors capable of affecting both the results and accuracy of the test. Participants were i.e. instructed not to eat within an hour before testing, to use the bathroom and also to have been in an upright position for at least 5 minutes beforehand (Biospace, 2008). Participants were told to stand barefooted in an upright position with their feet on the platform electrodes and with their arms abducted and gripping around the hand electrodes, wearing only shorts or pants and a t-shirt. The equipment adjusted for the weight of the clothing by automatically subtracting 1kg from their registered bodyweight. Relevant parameters such as bodyweight, body fat and total muscle mass, were used in the statistical analysis.

Aerobic fitness assessment

The participants performed a continuous progressive speed test on a treadmill to determine their maximal oxygen uptake. Oxygen uptake was measured through a computer connected to a metabolic system with a 4.2L mixing chamber containing baffles (Oxycon Pro, Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Germany). The accuracy of both the O₂ - and the CO₂ gas analyzer was

0.05% (data provided by the manufacturer). Two individual systems were used; these had both been cross-calibrated and showed no significant between-differences.

A full system calibration was performed before the testing of each group, and a volume calibration using a 3L calibration syringe with an accuracy of $1/2 \pm$ of 1% (Hans Rudolph Inc., Shawnee KS, U.S.A.) was regularly performed between and within the testing of each group on each of the metabolic systems. Ambient conditions (temperature, atmospheric pressure, humidity and meters above sea level) were calibrated using a Clas Ohlson WS2068HL weather-station (Clas Ohlson AS, Oslo, Norway) indicating that the test temperatures were somewhat similar for all participants (18-20 °C). Gas calibration was performed using the same gas container on both systems to minimize possible test differences. The gas container consisted of a 300L gas mixture (Riessner-Gase GmbH, Carefusion, Germany) with a mixture ratio of: carbon dioxide: 5.840 vol%, oxygen: 15.000 vol%, nitrogen: rest vol% (79,16%). Measurements of oxygen uptake were continuously recorded, and saved with 30s intervals. Two treadmills (Woodway PPS 55, USA) were used in the testing. An addition of a third and larger treadmill (Rodby RL3500E, Sweden) was used as a warm-up treadmill for larger test-groups when enough test-assistants were available.

Each participant was fitted with an elastic HR monitor belt, with HR registration pieces Polar t31- coded or Polar wearlink - coded (Polar Electro, Oslo, Norway). This was performed before the warm-up in order to ensure a secure connection between the registration piece and the pulse clock (Polar RS400, Oslo, Norway) could be attained, and also to ensure a reasonable warm-up protocol was being followed. Normally, 1-2 participants were tested simultaneously on two different treadmills, depending on the group-size and available test-leaders or assistants. After warm-up, each participant were given a last quick briefing on the test-procedure before being fitted with either a two-way V-bite mouthpiece (Mouthpiece Standard Type, Reusable Series 9060, Hans Rudolph Inc., Shawnee KS, U.S.A) or a two-way V2-mask (7450 SeriesV2™ Mask ORO-NASAL, Hans Rudolph Inc., Shawnee KS, U.S.A.), connected to a tube inserted into the mixing chamber. It was explained to the participants that it was imperative to the test that they would push for maximum effort until volitional exhaustion.

Warm-up procedure and test protocol

The warm-up lasted for 7-10 minutes depending on individual physical fitness, and was performed with a treadmill-gradient of 1.7% and a start velocity of $4-5 \text{ km} \cdot \text{t}^{-1}$. As reported by

Shephard (1984); a brief warm-up can reduce the risks of musculoskeletal injuries as well as electrocardiographic irregularities, and can also yield greater $\dot{V}O_{2\max}$ values.

The test leader controlled the speed of the treadmill, and the speed was slowly increased until the participant maintained a slow and gradual increase of HR in the area 55-72% of their age-predicted HR_{\max} (zone 1). The speed was gradually increased throughout the warm-up until participants achieved a HR in the area of 73-82% of age-predicted HR_{\max} (zone 2) (Hem & Leirstein, 2013-2015). Again, the duration of how long the participants was instructed to maintain each HR-zone depended roughly on individual fitness and also on a dialogue between each participant and the test-leader through verbal and visual feedback.

Following a short rest period (<3 minutes) a progressive speed protocol, originally described by Scrimgeour, Noakes, Adams, and Myburgh (1986) and adapted by Christie and Lock (2009) was performed with a treadmill-gradient of 5.3% (Hem & Leirstein, 2013-2015) and a start velocity of $8 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$. The manual test-protocol was controlled by the test-leader whom increased the speed by $1 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ each minute, until volitional exhaustion. Notifications of the amount of time left to complete each speed and the amount of time left until the apparatus would attain a new sample registration; were given consistently. When each participant was nearing possible exhaustion (respiratory exchange ratio >1) the test leader would ask if a speed increase would be tolerable, the participant then had the opportunity, through the communication of different hand signs; to agree on a speed increase of $1 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$, $0.5 \text{ km}\cdot\text{t}^{-1}$ or alternatively; to maintain the same speed. According to McArdle, Katch, and Katch (2015) motivational factors undoubtedly play a major role when testing for maximal performance; thus participants received powerful verbal encouragement throughout the test.

As recommended by Hem and Leirstein (2013-2015) The average value of the two highest consecutive $\dot{V}O_2$ values (30s intervals) of each participant, in any interval registration, was recorded as their individual $\dot{V}O_{2\max}$, before examining if other criteria had been met. $\dot{V}O_{2\max}$ was defined when two of three criteria were satisfied: (1) Attaining a $\dot{V}O_2$ -plateau (2) Attaining a heart rate >90% or equivalent to their age predicted maximum (i.e., $220 - \text{age}$) (3) Attaining a respiratory exchange ratio >1.1. The mentioned criteria were in accordance with Dupuy et al. (2015) drawing on recommendations by Duncan, Howley, and Johnson (1997) and Midgley, McNaughton, Polman, and Marchant (2007).

Questionnaire

A web-based electronic questionnaire (programmed in Questback®) was used to identify the prevalence and extent of different factors with possible relations to physical capacity or cognition.

The questionnaire contained 37 questions, and included an assessment of subjective feeling of alertness on a 5-point scale before the cognitive performance test. This was of importance as mentioned earlier so called “mental fatigue” can affect cognitive performance such as attention, vigilance and higher cognitive functions (Brown, 1994; Lal & Craig, 2001; Van der Linden & Eling, 2006). Questions regarding *ADHD* (McDonald, Bennett, Chambers, & Castiello, 1999), *dyslexia* (Franceschini, Gori, Ruffino, Pedrolli, & Facoetti, 2012), *nicotine use* (Heishman, Kleykamp, & Singleton, 2010) and video game playing (Green & Bavelier, 2003) were also included, as these variables have been associated with cognitive performance in visuospatial tests. The participants spent 5-10 minutes completing the questionnaire before the cognitive performance test was initiated.

Cognitive performance test

A visual cognitive test based on the Posner cue-paradigm was used to assess response time (RT), accuracy and inhibition (Gundersen, Helland, Raeder, Hugdahl, & Wester, 2007; Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). The test was performed on a 13.3” laptop, and was programmed with E-prime 2.0, standard version (Psychology Software Tools, Inc.).

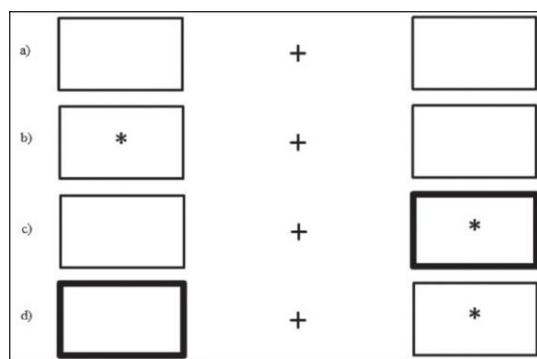


Figure 2: Cognitive performance test. a) Standard output screen display with a crosshair and two horizontal rectangles b) Target stimulus appears without cue (no cue). c) Target stimulus appears following a cue (valid cue). d) Target stimulus appears opposite to cue rectangle (invalid cue).

The participants were instructed to fixate on the crosshair in the middle of the screen (Figure 2a), and to respond as fast as they could by pressing “1” on the keyboard when the target

stimulus (an asterisk) appeared in the right rectangle and “d” when the target stimulus appeared in the left rectangle. Sometimes during the test, the frame on one of the rectangles became broader (a cue) before the target stimulus appeared. Participants were told to ignore the cue stimulus and only press the keyboard when the target stimulus appeared.

All participants were instructed orally and performed a small practice run before the actual test to make sure they had understood the procedures. The test duration was 9 minutes 20 seconds, and was performed in quiet surroundings without distractions (usually a small classroom), with the aid of hearing protection to exclude distracting noise.

Three different stimuli categories appeared in the test; “no cue”, “valid cue” and “invalid cue”. If the target stimuli appeared in one of the rectangles without a cue, this was called a no cue presentation (Figure 2b). If the target stimulus appeared within the rectangle with a broader frame, it was called a valid cue presentation (Figure 2c). A third category could also appear, in this case the target stimulus would appear in the opposite rectangle to the cue location, this was called an invalid cue presentation (Figure 2d).

The test consisted of 336 target stimuli, where each stimulus were presented for a timeframe of 500ms with an interstimuli-interval (time between stimulus) of between 600 and 1400ms. The cue appeared either 200 - or 400ms before the target stimulus would appear. 56 (17%) of the target stimuli would appear without a cue (no cue), 224 (67%) of target stimuli would appear in the same rectangle as the cue (valid cue), and 56 (17%) of the target stimuli would appear in the rectangle opposite to the cue (invalid cue).

RT and erroneous responses were recorded and stored on the laptop for each trial. Mean RT for no cue, valid cue and invalid cue were calculated for each participant, and results erroneous responses were registered and presented in %. Registration of responses before the target stimulus appeared, and responses during the first 149ms after target presentation were defined as erroneous responses. If an erroneous response was corrected by pressing a second time before the next stimulus was presented; it was still considered an erroneous response.

Data analysis

Data was transferred to – and processed in Excel. The Statistical Products of Service Solution package (SPSS Statistics, version 22) was used for all statistical analysis. Descriptive data is shown as mean \pm standard deviation (SD). The data set was checked for outliers and preliminary analysis ensured no violation of the assumptions of normality, linearity, multicollinearity and homoscedasticity before the multiple linear regression analysis. A

Pearson product-moment correlation coefficient was used to examine different possible associations in the data material.

To analyze possible differences in performance due to mental fatigue, the test was divided in two corresponding parts; part one (the first half of the test) and part two (the second half of the test). Separate analyses were performed on the whole test, as well as for the first and second part of the test, using $\dot{V}O_{2\max}$ as the independent variable. Paired-sample t-tests were used for all stimuli categories to investigate potential differences due to test-length.

A 3-step multiple linear regression analysis was performed in order to investigate covariance on the different stimuli categories for RT and erroneous responses, keeping $\dot{V}O_{2\max}$ as the main independent variable. The *first* step explored the influence of $\dot{V}O_{2\max}$, the *second* step controlled for possible speed-accuracy trade-off effects from erroneous responses in the corresponding stimuli category, and the *third* step included the three variables “alertness (before the test)”, “time spent on video games (daily)” and “nicotine (daily use)”. Separate analyses were conducted for the whole test, and for the first and second part of the test, respectively. Because no participants reported being diagnosed with ADHD, and only three participants reported dyslexia, those independent variables were not included in the regression analysis. *p*-values of <0.05 were considered statistically significant for all statistical analysis.

Results

Analyses showed that the average $\dot{V}O_{2\max}$ was $54.2 \pm 4.9 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, ranging from $41.9 - 66.7 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. In the cognitive test, the lowest RT was registered for the stimuli category “valid cue” ($293 \pm 28 \text{ msec}$), followed by “invalid cue” ($353 \pm 35 \text{ msec}$), and “no cue” ($376 \pm 31 \text{ msec}$). Erroneous responses were lowest in the stimuli category “valid cue” $5.1 \pm 4.8 \%$ and highest for “invalid cue” ($8.6 \pm 7.4 \%$) (Table 1). Paired sample t-tests showed significant increase in RT and in erroneous responses for all stimuli categories in the last part of the test compared with the first part (Table 1).

Table 1. Results from the cognitive performance test. Results from the whole test, results from the first part (first half) and the last part (second half) of the test is shown. Data is presented as mean \pm standard deviation (SD) (max-min). Differences between the first and second part was evaluated by paired sample t-tests.

RT (msec)	Whole test	First part	Last part	p-value
RT "no cue"	376 \pm 31 (313-451)	373 \pm 39 (296-462)	379 \pm 28 (319-440)	<0.001
RT "valid cue"	293 \pm 28 (239-364)	291 \pm 30 (232-368)	294 \pm 27 (245-361)	<0.001
RT "invalid cue"	353 \pm 35 (278-429)	347 \pm 38 (263-439)	358 \pm 33 (294-421)	<0.001
Error (%)				
Error "valid cue"	5.1 \pm 4.8 (0-20.5)	4.5 \pm 4.9 (0-17.9)	5.7 \pm 5.5 (0-25.0)	<0.001
Error "invalid cue"	8.6 \pm 7.4 (0-28.6)	7.0 \pm 6.9 (0-25.0)	10.1 \pm 9.5 (0-39.3)	<0.001

*RT: reaction time, "no cue": stimuli presented without a preceding cue, "valid cue": stimuli presented in the same location as the preceding cue, "invalid cue": stimuli presented in the opposite location as the preceding cue.

Linear multiple regression analysis showed a significant negative correlation between $\dot{V}O_{2max}$ and RT for invalid cues when controlling for *errors, alertness, video game playing and nicotine use* for the whole test, with crude- and adjusted values of $\beta = -.287, p = 0.035$ and $\beta = -.296, p = 0.046$, respectively. The strongest associations were found in the last part of the test (Table 2). No significant correlations between $\dot{V}O_{2max}$ and RT or erroneous responses were found in any of the other stimuli categories.

Table 2. Results from the 3-step linear multiple regression analysis. Unstandardized coefficients (B), standard error (SE), standardized coefficients Beta (β), t-values (t), significance values (p) and confidence interval (CI) for B are included.

Model	Predictors	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	p	CI 95% for B	R ²
		B	SE	β				
1	$\dot{V}O_{2max}$	-2.176	.885	-.323	-2.459	.017	(-3.952 – -.400)	.104
2	$\dot{V}O_{2max}$	-2.156	.889	-.320	-2.426	.019	(-3.941 – -.372)	.114
	Error "invalid cue" (last part)	-.352	.458	-.101	-.769	.445	(-1.272 – .567)	
3	$\dot{V}O_{2max}$	-2.257	.959	-.335	-2.354	.023	(-4.185 – -.329)	.121
	Error "invalid cue" (last part)	-.334	.474	-.096	-.705	.484	(-1.287 – .619)	
	Alertness (1-5)	1.921	6.426	.045	.299	.766	(-11.000 – 14.841)	
	Video game playing (daily)	-0.27	.075	-.055	-.359	.721	(-.178 – .124)	
	Nicotine use (daily)	-.521	13.649	-.005	-.038	.970	(-27.964 – 26.922)	

*Dependent variable: RT "invalid cue" (last part), RT: reaction time.

The prevalence of the different covariates was: *Alertness* (on a scale from 1-5): the most often registered responses were 3 (37%) and 4 (50%), *video game playing (daily)* had a mean of 73 \pm 67 minutes. A total of 7 participants reported using *nicotine* daily.

Discussion

Participants demonstrated a higher than average cardiorespiratory fitness compared to the age-relative norm of the population (Shvartz & Reibold, 1990); with a mean $\dot{V}O_{2\max}$ score of $54.2 \pm 4.9 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. The cognitive test revealed the lowest registration of *RT* in the stimuli category “valid cue” followed by “invalid cue”, with the highest registrations of *RT* found in the stimuli category “no cue” (table 1). Registrations of *errors* were lowest in the stimuli category “valid cue”, with the highest registration of errors found in the stimuli category “invalid cue” (table 1). Results showed a significant negative correlation between $\dot{V}O_{2\max}$ and *RT* for the most complex stimuli category “invalid cue” with strongest correlation in the last part of the test; indicating a positive relationship between cardiorespiratory fitness and inhibition. Linear multiple regressions also revealed that this relationship existed when controlling for errors, alertness, video game playing and nicotine use (table 2). No significant relationship was found between $\dot{V}O_{2\max}$ and the other stimuli categories. Test length had a negative impact on performance in all stimuli categories in the cognitive test; a longer duration corresponded with significantly reduced performance between the first and the last part of the test (table 1). This was true for both *RT* and erroneous responses.

The findings in the present study are consistent with research indicating that the fitness – cognition association are stronger for tasks requiring a high degree of executive functioning (Colcombe & Kramer, 2003; Guiney & Machado, 2013; Hillman et al., 2009; Pontifex et al., 2011). In this case a higher $\dot{V}O_{2\max}$ was associated with a lower *RT* in the arguably most demanding stimuli category in terms of task complexity; “invalid cue”. The stimuli category is particularly demanding in terms of executive functioning as it involves an intricate interaction between goal-directed actions and inhibition of reflexive bottom up-processing of attention initiated by the distracting cue, involving a peripheral change of ocular focus (Posner & Cohen, 1984). The findings are consistent with research on mental chronometry, indicating that individual differences in learning and performance will increase in line with task complexity; referring to the information load of the given task (Jensen, 2006). The term “mental chronometry” refers to the scientific study of cognitive processing speed, and it has been used to examine individual differences in cognitive abilities. Processing speed is measured by *RT* of the time elapsed between the onset of a stimulus to the registration of a response (Kranzler, 2012). The findings indicate that a higher $\dot{V}O_{2\max}$ was associated with the ability to faster process a larger amount of information following a higher task complexity in the most demanding stimuli category. In this context complexity is usually defined by the number of elements required to attend to in the task, the number of decisions required to be

made, the degree of response or stimulus discrimination in the task, and the stimulus-response compatibility (Jensen, 2006).

As mentioned many factors are thought to affect cognitive performance; as a consequence such factors should be controlled for when examining possible links between PA and CF. In the regression analysis, the relationship between $\dot{V}O_{2\max}$ and the different stimuli categories was analyzed controlling for trade-off effects with *errors*, *subjective alertness*, *video game playing (daily)* and *nicotine use (daily)*. It was shown that even when controlling for the mentioned covariates; $\dot{V}O_{2\max}$ represented the largest variation in the results of the stimuli category “invalid cue”, and the separate analyses revealed this relationship to be stronger in the second part of the test with a moderate size of correlation (table 2) (Cohen, 1988). It is intriguing to see that this relationship was not found in any of the other categories knowing that “invalid cue” demands a higher degree of activity in the prefrontal cortex than the other categories, due to demands of inhibition (Blasi et al., 2006; Posner, Walker, Friedrich, & Rafal, 1987; Thiel, Zilles, & Fink, 2004). Since research has shown that PA can yield favorable effects on executive functions, especially in areas such as the prefrontal cortex; this is an interesting find. PA has been associated with a greater prefrontal oxygenation in the brain (Dupuy et al., 2015), increased cerebral blood flow (Guiney et al., 2015) and neuroplasticity through neurogenesis, possibly due to an increase in neurotrophic factors (BDNF) in the brain occurring from exercise (Gomez-Pinilla & Hillman, 2013; Szuhany et al., 2015). Due to the fact that neurogenesis related to PA seems especially apparent areas of the PFC and hippocampus (Draganski et al., 2004; Erickson, Leckie, & Weinstein, 2014), this is interesting; as these mediating mechanisms may explain some of the favorable effects $\dot{V}O_{2\max}$ seem to have on inhibitory ability in the present study.

Regarding *RT* performance, the results complied with findings from Irgens-Hansen et al. (2015) utilizing the same test with equal time intervals; so that the lowest registration of time was found in the stimuli category “valid cue” followed by “invalid cue”, with the highest registration of RT found in the “no cue” category. The findings was expected and complied with literature on visual orienting of attention (Posner, 1980). Considering the category “invalid cue” is the most demanding in regards of task complexity in the paradigm used, it is interesting to observe that findings are in accordance with suggestions by Jensen (2006) on task complexity; suggesting that this is where the individual differences in RT performance would be expected to occur. In this case; the participants’ RT of “invalid cue” demonstrates a significant positive relationship with the participants’ degree of cardiorespiratory fitness, with a gradually stronger association as a result of test duration and time on task.

As the results show that cueing was consistently associated with lower registrations of RT; this may reflect a priming effect (Mangun & Hillyard, 1991), providing participants with a high form of internal activation and an increased responsiveness to the upcoming target stimulus (Gabay & Henik, 2008; Hayward & Ristic, 2013). As a result, RT is usually lowered when presented with a cue prior to the appearance of the target stimulus than it would be without a cue (“no cue” presentation), which is consistent with the findings in this study (table 1). The priming effect is however affected by the length of the time interval between the cue and the target stimulus, this interval is known as the “stimulus-onset asynchrony” (SOA). Keeping SOA as an independent variable and RT as the dependent variable gives an impression of the relationship between SOA and RT, where RT is affected by manipulating SOA (Pashler, 1994). Typically RT for valid cues is lower than for invalid cues if the SOA is low (100-300 msec), and higher for valid cues than for invalid cues if the SOA is higher (500-3000 msec) (Gabay & Henik, 2008; Posner & Cohen, 1984). The priming effect might be a factor explaining the high trade-off effect seen between RT and errors in the stimuli category “valid cue”. Priming was shown to be associated with a lower RT at the expense of a higher percentage of errors in this test, also when controlling for covariates. Knowing that the SOA in the test varies between 200-400 msec, this might result in more errors simply because it makes it more unpredictable for the participants. Due to the complexity of the task involved in the stimuli category “invalid cue”, it would not be unreasonable to assume that the highest registration of RT would be registered in this category. However, the priming effect consequently following the cue also seems to favor RT even in this category. This effect seems to explain why the highest registrations of *RT* were found in the stimuli category without the priming of a cue (“no cue”). In this respect, the study further adds to research showing that priming seems beneficial in regards of *RT* performance.

In terms of *errors*, the lowest registration was found in the category “valid cue” and the highest percentage of error was found in the category “invalid cue”. Since most of the target stimuli appears on the same side as the cue (67%), the participant learns that the cue is usually valid, which reinforces a susceptibility in directing attention to the cued side (Posner, 1980). This factor further increases the difficulty of the test in terms of inhibition when presented with an invalid cue. Since the lower limit of RT regarding visual stimuli is thought to be at around 150-200 msec (Amano et al., 2006), with college-aged individuals scoring a mean of 190 msec (Welford, 1980), responses within 149 msec were also registered as errors

Test-length displayed a consistent relationship with deterioration of performance both in terms of *RT* and *erroneous responses*. A longer time spent on task was associated with a

gradual decline of performance in all stimuli categories. The difference between the first and the last part of the test was significant, where it in the last part of the test was registered both a higher *RT* and percentage of *error*. This is interesting as it could be indicative of a gradually accumulating mental fatigue as a result of attentional demands over time. Mental fatigue can be described as a feeling of tiredness or lack of energy, negatively affecting the willingness for work, the motivation for demanding tasks at hand, and CF (Boksem & Tops, 2008; Marcora, Staiano, & Manning, 2009) including attention, vigilance and higher cognitive functions such as executive functions (Brown, 1994; Lal & Craig, 2001; Van der Linden & Eling, 2006). Decrements in performance due to mental fatigue seem to be particularly pronounced in tasks involving volitional top-down control of attention (Langner, Steinborn, Chatterjee, Sturm, & Willmes, 2010). In visuospatial tests investigating visual attentional abilities, it is essential to appropriately find a balance between volitional and reflexive bottom up processes in order to react conveniently to the given task (Vecera & Rizzo, 2003).

The findings are coherent with those found by Boksem, Meijman, and Lorist (2005); where associations between mental fatigue, *RT* and inhibition of irrelevant stimuli was discovered using a visuospatial attention test. Performance deterring over time leading to a slower *RT* and an increase in errors is known as the “vigilance decrement” (Parasuraman, Warm, & See, 1998). The vigilance decrement often becomes significant within 15 minutes of sustained attention, but can occur more quickly if the demands of the task is high (Helton et al., 2007). Traditionally, vigilance was associated with a low cognitive demand (Frankmann & Adams, 1962), but more recent studies indicate that vigilance requires hard mental work; demanding an allocation of significant cognitive resources (Warm, Parasuraman, & Matthews, 2008). In testing for visual sustained attention; Nuechterlein, Parasuraman, and Jiang (1983) measured large declines in sensitivity as quickly as 5 minutes into the test, indicating limitations in the capacity of visual attention. It can be discussed if the gradual loss of performance observed throughout the test could relate to mental fatigue due to cognitive demands required from the test, in accordance with the vigilance decrement. Knowing that brain-areas such as the PFC which is involved in executive function and attentional processing is sensitive to mental fatigue, and that performance related to this area to a great extent deteriorates due to this fatigue; this may seem a plausible explanation for the observed differences due to test length. Since the PFC also seems sensitive to the influence from PA and fitness, it can be hypothesized that participants demonstrating a higher degree of cardiorespiratory fitness will have advantages over a longer time-period in demanding tasks in terms of executive functions of attention.

According to the fitness-norms (1-7) by Shvartz and Reibold (1990), participants obtained $\dot{V}O_{2\max}$ scores ranging from “acceptable” (5) to “excellent” (1), specifically with values spread between 41.9 – 66.7 mL•kg⁻¹•min⁻¹. Participants scored a total mean of 54.2±4.9 mL•kg⁻¹•min⁻¹, thus it can be concluded the participants displayed a higher than average cardiorespiratory fitness as measured by $\dot{V}O_{2\max}$ than the population average for this age group. It can however not be ruled out that a greater association between $\dot{V}O_{2\max}$ and cognition would be found in participants scoring a mean closer to the population average; given normally distributed $\dot{V}O_{2\max}$ scores.

Strengths and limitations of the study

Strengths of the study include the use of direct measures of $\dot{V}O_{2\max}$ and a computerized cognitive performance test, as well as controlling for time on task to investigate possible mental fatigue, with separate analysis for all stimuli categories. The general limitations of a cross-sectional design make it impossible to establish cause and effect in this study, and the higher than average fitness of the participants as well as the fairly weak strengths of the found correlations has some implications regarding generalizability. Also, the fact that the study exclusively recruited males; add to this.

Conclusion

The findings of this study suggest that cardiorespiratory fitness is positively associated with cognitive performance in healthy young adults, specifically in complex attentional tasks demanding inhibitory control. This association was found to be higher as a consequence of test duration, with better performance over a longer test-period following higher $\dot{V}O_{2\max}$ scores. The results suggest that cardiorespiratory fitness is associated with a better modulation of top-down processes in tasks involving a higher degree of selective attention and inhibitory control.

Implications for future research

The study contributes to the limited amount of studies investigating the influence of cardiorespiratory fitness on components of selective attention and inhibition in young adults. More studies are needed to further assess this relationship between $\dot{V}O_{2\max}$ and attentional tasks demanding inhibitory control, and how this relates to mental fatigue as a consequence of time on task.

Acknowledgements

I personally wish to thank all the participants who volunteered to take part in this study, their participation is greatly acknowledged. Research could also not have been done on this sample without the approval and interest shown from both principals and teachers of the respective schools to allow for research on their pupils. I want to express my deepest gratitude to my main-supervisor Hilde Gundersen for her personal commitment throughout the study, as well as my assistant supervisor Morten Kristoffersen for his help regarding physical test procedures. I also wish to thank Esben Martinsen, Cecilie Hannevig and Henrik Hysing-Dahl for their assistance in parts of the physiological testing.

References

- Amano, K., Goda, N., Nishida, S. y., Ejima, Y., Takeda, T., & Ohtani, Y. (2006). Estimation of the timing of human visual perception from magnetoencephalography. *The Journal of neuroscience*, 26(15), 3981-3991.
- Biddle, S. J., & Asare, M. (2011). Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *British journal of sports medicine*, bjsports90185.
- Biospace. (2008, 03.01.2008). InBody720 Results Interpretation & Application. Retrieved from <http://www.bodyanalyse.no/docs/720%20how%20to%20read%20result%20sheet%20v2.pdf>
- Blasi, G., Goldberg, T. E., Weickert, T., Das, S., Kohn, P., Zolnick, B., . . . Mattay, V. S. (2006). Brain regions underlying response inhibition and interference monitoring and suppression. *European Journal of Neuroscience*, 23(6), 1658-1664.
- Boksem, M. A., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. *Cognitive brain research*, 25(1), 107-116.
- Boksem, M. A., & Tops, M. (2008). Mental fatigue: costs and benefits. *Brain research reviews*, 59(1), 125-139.
- Bonaconsa, M., Colavito, V., Pifferi, F., Aujard, F., Schenker, E., Dix, S., . . . Bertini, G. (2013). Cell clocks and neuronal networks: neuron ticking and synchronization in aging and aging-related neurodegenerative disease. *Current Alzheimer Research*, 10(6), 597-608.
- Brown, I. D. (1994). Driver fatigue. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 36(2), 298-314.
- Buckley, J., Cohen, J., Kramer, A. F., McAuley, E., & Mullen, S. (2014). Cognitive control in the self-regulation of physical activity and sedentary behavior.
- Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2011). A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(06), 975-985.
- Christie, C. J.-a., & Lock, B. I. (2009). Impact of training status on maximal oxygen uptake criteria attainment during running. *South African Journal of Sports Medicine*, 21(1).
- Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioural sciences. 1988. *Lawrence Earlbaum Associates.: Hillsdale, New Jersey*.
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults a meta-analytic study. *Psychological science*, 14(2), 125-130.

- Cox, E. P., O'Dwyer, N., Cook, R., Vetter, M., Cheng, H. L., Rooney, K., & O'Connor, H. (2015). Relationship between physical activity and cognitive function in apparently healthy young to middle-aged adults: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*.
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). Neuroplasticity: changes in grey matter induced by training. *Nature*, 427(6972), 311-312.
- Duncan, G. E., Howley, E. T., & Johnson, B. N. (1997). Applicability of VO₂max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(2), 273-278.
- Dupuy, O., Gauthier, C. J., Fraser, S. A., Desjardins-Crèpeau, L., Desjardins, M., Mekary, S., . . . Bherer, L. (2015). Higher levels of cardiovascular fitness are associated with better executive function and prefrontal oxygenation in younger and older women. *Frontiers in human neuroscience*, 9.
- Erickson, K. I., Leckie, R. L., & Weinstein, A. M. (2014). Physical activity, fitness, and gray matter volume. *Neurobiology of aging*, 35, S20-S28.
- Fedewa, A. L., & Ahn, S. (2011). The effects of physical activity and physical fitness on children's achievement and cognitive outcomes: a meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(3), 521-535.
- Franceschini, S., Gori, S., Ruffino, M., Pedrolli, K., & Facoetti, A. (2012). A causal link between visual spatial attention and reading acquisition. *Current Biology*, 22(9), 814-819. Retrieved from http://ac.els-cdn.com/S0960982212002709/1-s2.0-S0960982212002709-main.pdf?_tid=02e72544-f5ca-11e5-b838-00000aacb35e&acdnat=1459268548_3e234fe8620b31c67e9facd765461afa
- Frankmann, J. P., & Adams, J. (1962). Theories of vigilance. *Psychological bulletin*, 59(4), 257.
- Friedman, D., Nessler, D., Cycowicz, Y. M., & Horton, C. (2009). Development of and change in cognitive control: A comparison of children, young adults, and older adults. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 9(1), 91-102.
- Gabay, S., & Henik, A. (2008). The effects of expectancy on inhibition of return. *Cognition*, 106(3), 1478-1486.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I.-M., . . . Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory,

- musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334-1359.
- Gomez-Pinilla, F., & Hillman, C. (2013). The influence of exercise on cognitive abilities. *Comprehensive Physiology*.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423(6939), 534-537.
- Guiney, H., Lucas, S. J., Cotter, J. D., & Machado, L. (2015). Evidence cerebral blood-flow regulation mediates exercise–cognition links in healthy young adults. *Neuropsychology*, 29(1), 1.
- Guiney, H., & Machado, L. (2013). Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic bulletin & review*, 20(1), 73-86.
- Gundersen, H., Helland, C. A., Raeder, M. B., Hugdahl, K., & Wester, K. (2007). Visual attention in patients with intracranial arachnoid cysts. *Journal of neurology*, 254(1), 60-66.
- Hayes, S. M., Forman, D. E., & Verfaellie, M. (2014). Cardiorespiratory fitness is associated with cognitive performance in older but not younger adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, gbu167.
- Hayward, D. A., & Ristic, J. (2013). Measuring attention using the Posner cuing paradigm: the role of across and within trial target probabilities. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 205.
- Heishman, S. J., Kleykamp, B. A., & Singleton, E. G. (2010). Meta-analysis of the acute effects of nicotine and smoking on human performance. *Psychopharmacology*, 210(4), 453-469.
- Helton, W. S., Hollander, T. D., Warm, J. S., Tripp, L. D., Parsons, K., Matthews, G., . . . Hancock, P. A. (2007). The abbreviated vigilance task and cerebral hemodynamics. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 29(5), 545-552.
- Hem, E., & Leirstein, S. (2013-2015). TESTING AV UTHOLDENHET.
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Castelli, D. M. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental psychology*, 45(1), 114.
- Hillman, C. H., Motl, R. W., Pontifex, M. B., Posthuma, D., Stubbe, J. H., Boomsma, D. I., & De Geus, E. J. (2006). Physical activity and cognitive function in a cross-section of younger and older community-dwelling individuals. *Health psychology*, 25(6), 678.

- Irgens-Hansen, K., Gundersen, H., Sunde, E., Baste, V., Harris, A., Bråtveit, M., & Moen, B. E. (2015). Noise exposure and cognitive performance: A study on personnel on board Royal Norwegian Navy vessels. *Noise and Health, 17*(78), 320.
- Jensen, A. R. (2006). *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences*: Elsevier.
- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., . . . Boileau, R. A. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature, 400*(6743), 418-419.
- Kranzler, J. H. (2012). Mental Chronometry. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 2180-2182). Boston, MA: Springer US.
- Lal, S. K., & Craig, A. (2001). A critical review of the psychophysiology of driver fatigue. *Biological psychology, 55*(3), 173-194.
- Langner, R., Steinborn, M. B., Chatterjee, A., Sturm, W., & Willmes, K. (2010). Mental fatigue and temporal preparation in simple reaction-time performance. *Acta psychologica, 133*(1), 64-72.
- Laurin, D., Verreault, R., Lindsay, J., MacPherson, K., & Rockwood, K. (2001). Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Archives of neurology, 58*(3), 498-504.
- Lim, J. S., Hwang, J. S., Lee, J. A., Kim, D. H., Park, K. D., Jeong, J. S., & Cheon, G. J. (2009). Cross-calibration of multi-frequency bioelectrical impedance analysis with eight-point tactile electrodes and dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in healthy children aged 6–18 years. *Pediatrics international, 51*(2), 263-268.
- Ling, C. H., de Craen, A. J., Slagboom, P. E., Gunn, D. A., Stokkel, M. P., Westendorp, R. G., & Maier, A. B. (2011). Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clinical Nutrition, 30*(5), 610-615.
- Mangun, G. R., & Hillyard, S. A. (1991). Modulations of sensory-evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual-spatial priming. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance, 17*(4), 1057.
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology, 106*(3), 857-864.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance* (8 ed.): Lippincott Williams & Wilkins.

- McDonald, S., Bennett, K., Chambers, H., & Castiello, U. (1999). Covert orienting and focusing of attention in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Neuropsychologia*, *37*(3), 345-356.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Polman, R., & Marchant, D. (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake. *Sports Medicine*, *37*(12), 1019-1028.
- Newson, R. S., & Kemps, E. B. (2008). Relationship between fitness and cognitive performance in younger and older adults. *Psychology and Health*, *23*(3), 369-386.
- Nuechterlein, K. H., Parasuraman, R., & Jiang, Q. (1983). Visual sustained attention: Image degradation produces rapid sensitivity decrement over time. *Science*, *220*(4594), 327-329.
- Olympiatoppen. (2013). Vanlige spørsmål om våre tester. Retrieved from http://www.olympiatoppen.no/fagomraader/trening/testing/testing_av_utholdenhet/vanligesporstal/page2074.html
- Paillard, T., Rolland, Y., & de Souto Barreto, P. (2015). Protective effects of physical exercise in Alzheimer's disease and Parkinson's disease: a narrative review. *Journal of clinical neurology*, *11*(3), 212-219.
- Parasuraman, R., Warm, J. S., & See, J. E. (1998). Brain systems of vigilance.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological bulletin*, *116*(2), 220.
- Penedo, F. J., & Dahn, J. R. (2005). Exercise and well-being: a review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Current opinion in psychiatry*, *18*(2), 189-193.
- Pontifex, M. B., Raine, L. B., Johnson, C. R., Chaddock, L., Voss, M. W., Cohen, N. J., . . . Hillman, C. H. (2011). Cardiorespiratory fitness and the flexible modulation of cognitive control in preadolescent children. *Journal of cognitive neuroscience*, *23*(6), 1332-1345.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly journal of experimental psychology*, *32*(1), 3-25.
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and performance X: Control of language processes*, *32*, 531-556.
- Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. A., & Rafal, R. D. (1987). How do the parietal lobes direct covert attention? *Neuropsychologia*, *25*(1), 135-145.

- Ruscheweyh, R., Willemer, C., Krüger, K., Duning, T., Warnecke, T., Sommer, J., . . . Knecht, S. (2011). Physical activity and memory functions: an interventional study. *Neurobiology of aging*, *32*(7), 1304-1319.
- Scrimgeour, A., Noakes, T., Adams, B., & Myburgh, K. (1986). The influence of weekly training distance on fractional utilization of maximum aerobic capacity in marathon and ultramarathon runners. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *55*(2), 202-209.
- Shephard, R. J. (1984). Tests of maximum oxygen intake a critical review. *Sports Medicine*, *1*(2), 99-124.
- Shvartz, E., & Reibold, R. (1990). Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviation, space, and environmental medicine*, *61*(1), 3-11.
- Szuhany, K. L., Bugatti, M., & Otto, M. W. (2015). A meta-analytic review of the effects of exercise on brain-derived neurotrophic factor. *Journal of psychiatric research*, *60*, 56-64.
- Tarumi, T., & Zhang, R. (2014). Cerebral hemodynamics of the aging brain: risk of Alzheimer disease and benefit of aerobic exercise.
- Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Hillman, C. H. (2008). Fitness and action monitoring: evidence for improved cognitive flexibility in young adults. *Neuroscience*, *157*(2), 319-328.
- Thiel, C. M., Zilles, K., & Fink, G. R. (2004). Cerebral correlates of alerting, orienting and reorienting of visuospatial attention: an event-related fMRI study. *Neuroimage*, *21*(1), 318-328.
- Tompuri, T. T., Lakka, T. A., Hakulinen, M., Lindi, V., Laaksonen, D. E., Kilpeläinen, T. O., . . . Laitinen, T. (2015). Assessment of body composition by dual-energy X-ray absorptiometry, bioimpedance analysis and anthropometrics in children: the Physical Activity and Nutrition in Children study. *Clinical physiology and functional imaging*, *35*(1), 21-33.
- Van der Linden, D., & Eling, P. (2006). Mental fatigue disturbs local processing more than global processing. *Psychological research*, *70*(5), 395-402.
- Vecera, S. P., & Rizzo, M. (2003). Spatial attention: normal processes and their breakdown. *Neurologic clinics*, *21*(3), 575-607.
- Warm, J. S., Parasuraman, R., & Matthews, G. (2008). Vigilance requires hard mental work and is stressful. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *50*(3), 433-441.

Welford, A. (1980). Choice reaction time: Basic concepts. *Reaction times*, 73-128.

Vedlegg I: Kvittering og tilrådninger fra Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste

Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS
NORWEGIAN SOCIAL SCIENCE DATA SERVICES



Oslo Høyfjellsvei 27
N-5007 Bergen
Narvik
Tlf: +47 25 28 21 17
Tlf: +47 25 28 21 50
nsd@uib.no
nsd@ntnu.no
Orgnr: 969 321 884

Hilde Stokvold Gundersen
Senter for utdanningsforskning Høgskolen i Bergen
Postboks 7030
5020 BERGEN

Vår dato: 02.10.2015

Vår ref: 44551 / 3 / MHM

Deres dato:

Deres ref:

TILBAKEMELDING PÅ MELDING OM BEHANDLING AV PERSONOPPLYSNINGER

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 07.09.2015. All nødvendig informasjon om prosjektet forelå i sin helhet 30.09.2015. Meldingen gjelder prosjektet:

44551	<i>Sammenhengen mellom fysisk kapasitet og kognitiv evne</i>
<i>Behandlingsansvarlig</i>	<i>Høgskolen i Bergen, ved institusjonens øverste leder</i>
<i>Daglig ansvarlig</i>	<i>Hilde Stokvold Gundersen</i>
<i>Student</i>	<i>Eivind Johannessen Wengard</i>

Personvernombudet har vurdert prosjektet, og finner at behandlingen av personopplysninger vil være regulert av § 7-27 i personopplysningsforskriften. Personvernombudet tilrår at prosjektet gjennomføres.

Personvernombudets tilråding forutsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med opplysningene gitt i meldeskjemaet, korrespondanse med ombudet, ombudets kommentarer samt personopplysningsloven og helseregisterloven med forskrifter. Behandlingen av personopplysninger kan settes i gang.

Det gjøres oppmerksom på at det skal gis ny melding dersom behandlingen endres i forhold til de opplysninger som ligger til grunn for personvernombudets vurdering. Endringsmeldinger gis via et eget skjema, <http://www.nsd.uib.no/personvern/meldeplikt/skjema.html>. Det skal også gis melding etter tre år dersom prosjektet fortsatt pågår. Meldinger skal skje skriftlig til ombudet.

Personvernombudet har lagt ut opplysninger om prosjektet i en offentlig database, <http://pvo.nsd.no/prosjekt>.

Personvernombudet vil ved prosjektets avslutning, 31.12.2017, rette en henvendelse angående status for behandlingen av personopplysninger.

Vennlig hilsen

Katrine Utaaker Segadal

Marianne Høgetveit Myhren

Kontaktperson: Marianne Høgetveit Myhren tlf: 55 58 25 29

Vedlegg: Prosjektvurdering

Dokumentet er elektronisk produsert og godkjent ved NSDs rutiner for elektronisk godkjenning.

Arkivingsdato: 12.10.2015 09:05

OSLO: NSD, Universitetsforlaget, Postboks 1047 Sandness, 0406 Oslo. Tlf: +47 22 85 19 11. nsd@uio.no
BERGEN: NSD, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 7801 Fossholmen. Tlf: +47 25 28 21 17. kjartan.saravik@ntnu.no
TRONDHEIM: NSD, NTNU Universitetet, Trondheim, 7007 Trondheim. Tlf: +47 73 52 43 26. nsd@ntnu.no



Meldingen gjelder et mastergradsprosjekt, der formålet er å undersøke sammenhengen (om det er noen, og da eventuelt styrken på denne) mellom fysisk kapasitet (målt ved kardiorespiratorisk evne/VO₂max) og kognitiv evne (målt ved evne til oppmerksomhet over tid) hos skoleelever i ung voksen-alder.

Utvalget består av ungdommer over 18 år som rekrutteres primært via skoleledelsen på videregående skoler i Bergen. Utvalget informeres skriftlig og muntlig om prosjektet og samtykker til deltakelse. Informasjonsskrivet er godt utformet.

Data samles inn ved elektronisk spørreskjema og gjennom tre tester (én kroppssammensetningsanalyse (inbody720) én fysisk test på tredemølle og én validert test for evne til oppmerksomhet, på PC). I tillegg vil studenten trolig benytte en subjektiv vurdering på papir om hvor sliten utvalget følte seg etter løping på mølle og deres egenvurdering av hvor opplagt de følte seg før den kognitive testen på PC. Det behandles sensitive personopplysninger om helseforhold.

Det behandles enkelte opplysninger om tredjeperson. Det skal kun registreres opplysninger som er nødvendig for formålet med prosjektet. Opplysningene skal være av mindre omfang og ikke sensitive, og skal anonymiseres i publikasjon. Så fremt personvemulempen for tredjeperson reduseres på denne måten, kan prosjektleder unntas fra informasjonsplikten overfor tredjeperson, fordi det anses uforholdsmessig vanskelig å informere.

Personvernombudet legger til grunn at student og veileder etterfølger Høgskolen i Bergen sine interne rutiner for datasikkerhet. Dersom personopplysninger skal sendes elektronisk eller lagres på privat pc/mobile enheter, bør opplysningene krypteres tilstrekkelig.

Questback er databehandler for prosjektet. Høgskolen i Bergen skal inngå skriftlig avtale med Questback om hvordan personopplysninger skal behandles, jf. personopplysningsloven § 15. For råd om hva databehandleravtalen bør inneholde, se Datatilsynets veileder: <http://www.datatilsynet.no/Sikkerhet-internkontroll/Databehandleravtale/>.

Forventet prosjektslutt er 31.12.2017. Ifølge prosjektmeldingen skal innsamlede opplysninger da anonymiseres. Anonymisering innebærer å bearbeide datamaterialet slik at ingen enkeltpersoner kan gjenkjennes. Det gjøres ved å:

- slette direkte personopplysninger (som navn/koblingsnøkkel)
- slette/omskrive indirekte personopplysninger (identifiserende sammenstilling av bakgrunnsopplysninger som f.eks. bosted/arbeidssted, alder og kjønn)

Vi gjør oppmerksom på at også databehandler (Questback) må slette personopplysninger tilknyttet prosjektet i

sine systemer. Dette inkluderer eventuelle logger og koblinger mellom IP-/epostadresser og besvarelser.

Vedlegg II: Informert samtykkeerklæring

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet *”Sammenhengen mellom fysisk kapasitet, oppmerksomhet og konsentrasjon”*

Bakgrunn og formål

Tidligere forskning indikerer at det er en sammenheng mellom fysisk kapasitet, oppmerksomhet og konsentrasjon hos barn. Det finnes imidlertid lite forskning på om denne sammenhengen når det gjelder yngre voksne. Formålet med denne studien er derfor å undersøke om det finnes sammenhenger mellom oksygenopptak og oppmerksomhet og konsentrasjon. Er det slik at de som innehar best evne til oppmerksomhet og konsentrasjon også har best oksygenopptak? Dette er spørsmål denne studien tar utgangspunkt i å undersøke. Studien gjennomføres av en masterstudent ved Høgskolen i Bergen i samarbeid med veiledere fra samme institusjon. Alle gutter i tredje klasse ved *** og *** videregående skole er invitert til å delta i studien. Disse skolene er valgt både fordi de ligger i nærheten av Høgskolen i Bergen, og fordi de har ulike studiespesialiserende linjer. *** sensurert for vedlegg

Hva innebærer deltakelse i studien?

Du må gjennomføre en løpetest på en tredemølle i Høgskolen i Bergen sine testlokaler hvor ditt oksygenopptak måles. Før løpstesten gjennomføres en kroppssammensetningsanalyse, denne tar ca. 1 minutt. Selve løpstesten varer ca. i 10 minutter. Etter testen skal du blant annet angi hvor sliten du ble. Du skal også gjennomføre en test som måler konsentrasjon og oppmerksomhet. Denne testen gjennomføres på pc, og varer ca. i 10 minutter. I tillegg til testene må du svare på et kort spørreskjema som blant annet omhandler levevaner og aktivitetsvaner.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Innsamlede data vil være lagret på Høgskolen i Bergen sin forskningsserver. Alle personopplysninger vil bli behandlet konfidensielt. Mastergradsstudent og veiledere er de eneste som har tilgang til personopplysninger. Personopplysninger lagres adskilt fra øvrige data. Deltakerne vil ikke kunne gjenkjennes i publikasjoner, og prosjektet skal etter planen avsluttes våren 2016.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien, og du kan når som helst trekke ditt samtykke uten å oppgi noen grunn. Dersom du trekker deg, vil alle opplysninger om deg bli anonymisert.

Dersom du ønsker å delta eller har spørsmål til studien, ta kontakt med:
Prosjektleder og masterstudent Eivind Wenggaard, tlf: 98864822
Hovedveileder Hilde Gundersen, tlf: 41298517

Studien er meldt til Personvernombudet for forskning, Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS.

Samtykke til deltakelse i studien

Jeg har mottatt informasjon om studien, og er villig til å delta

Navn: _____ Tlf: _____

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

VEDLEGG III: Spørsmål etter fysisk test

Spørsmål etter fysisk test

Borg-skala

Rapportér din egen følelse av hvor mye du anstrengte deg på løpstesten. Forsøk å verken overvurdere eller undervurdere. Det viktige er din egen følelse av anstrengelse og ikke hva du tror andre mener. Alle tall kan ringes rundt, ikke bare de med tekst bak; teksten er veiledende.

Hvor tung var belastningen? (sett **ring** rundt tallet)

6		14	
7	Meget, meget lett	15	Anstrengende
8		16	
9	Meget lett	17	Meget anstrengende
10		18	
11	Ganske lett	19	Svært anstrengende
12		20	
13	Litt anstrengende		

Sett **ring** rundt ditt svar:

1. Trente du i går?

Ja **Nei**

2. Dersom **Ja** hvor hardt tok du deg ut på en skala fra **1-5**?
Hvor **1** er: "ikke hardt i det hele tatt" og **5** er: "svært hardt".

1 **2** **3** **4** **5**

Vedlegg IV: Spørreskjema



Spørreskjema - masterprosjekt!

Dette spørreskjemaet er designet for å kartlegge faktorer som er viktige for studien. Spørreundersøkelsen vil ta rundt 5 minutter å gjennomføre.

På forhånd takk!



(Fornavn og etternavn)

1) Navn:

2) Skriv inn din e-postadresse:

(Eks. Langhaugen, Amalie Skram)

3) Skole:

Eks. Studiespesialisering, musikk, idrett

4) Linje:



Med "opplagt" menes her "i god form, uthvilt"

5) Hvor opplagt føler du deg akkurat nå? (Hvor 1 er: "ikke

opplagt i det hele tatt" og 5 er: "svært opplagt")

1 2 3 4 5



Med uttrykket "fysisk aktivitet" menes her:

"En aktivitet som medfører andpustenhet og/eller svette."

6) Omtrent hvor mange dager er du fysisk aktiv i minst 30 minutter per dag i løpet av en gjennomsnittlig uke?

- 0 dager
 1-2 dager
 3-4 dager
 5-6 dager
 6-7 dager

7) Hvor mange GANGER trener du/er i fysisk aktivitet i løpet av en vanlig uke, utenom gymtimene? (Merk at forrige spørsmål spør om antall DAGER, her spør vi om antall GANGER)

Velg alternativ

8) Hvor mange TIMER trener du/er i fysisk aktivitet i løpet av en vanlig uke, utenom gymtimene?

Velg alternativ

9) Hvilke fysiske aktiviteter utfører du vanligvis i løpet av en uke? (Eks. Løping, sykling, fotball)

10) Er du medlem av et idrettslag? (dersom "Nei" eller "Vet ikke", hopp over neste spørsmål!)

- Ja
 Nei
 Vet ikke

11) Dersom "Ja", hvilke(n) idrett(er) bedriver du innenfor idrettslaget(ene) på nåværende tidspunkt? (Eks. svømming, fotball, håndball)

12) Dersom du ikke er medlem av et idrettslag - har du tidligere vært medlem av et idrettslag? (Dersom "Nei", hopp over neste spørsmål)

- Ja
 Nei
 Vet ikke

13) Dersom "Ja", når sluttet du? (Alder når du sluttet; Eks. 16 år)

14) Trener du individuelt? Dersom "Ja", hva trener du? Dersom "Nei" gå videre til neste spørsmål (Trening som gjøres utenom den organiserte idretten/idrettslag, som eksempelvis trening på treningsstudio)

15) Har dine fysiske aktivitetsvaner endret seg i løpet av de siste 5 årene?

- Jeg er blitt mindre fysisk aktiv
 Jeg er fysisk aktiv i samme grad
 Jeg er blitt mer fysisk aktiv

16) Er det noe som hindrer deg i å være fysisk aktiv? (Eks. For lite tid, økonomiske hindringer, mangel på motivasjon) Dersom "nei" la stå åpent. Dersom "ja", vennligst beskriv under:



17) Røyker eller bruker du snus daglig? (regnes kun dersom røyking/snusing utføres daglig) Dersom "Ingen av delene" hopp over neste spørsmål

- Røyker
 Snuser
 Ingen av delene

18) Dersom du røyker og/eller snuser daglig, hvor gammel var du da du begynte med dette? (Angi alder ved start, eks. 16 år)

19) Har du røvt eller brukt snus daalia tidliore?

(Dersom du har røykt eller brukt snus daglig tidligere, men har sluttet med dette) Dersom "Nei" hopp over neste spørsmål

- Ja
 Nei

20) Dersom du har røykt eller brukt snus daglig tidligere; når sluttet du å røyke/bruke snus? (Angi din alder ved slutt, eks. 18 år)

21) Røyker dine foreldre/foresatte? (Gjelder kun røyk, ikke snus)

- Ja, mor
 Ja, far
 Ja, mor og far
 Nei

22) Har dine foreldre/foresatte røykt fast tidligere?

- Ja
 Nei
 Vet ikke



23) Har du astma? Dersom "Nei", hopp over neste spørsmål (kun dersom diagnose er påvist gjennom lege)

- Ja
 Nei

24) Bruker du astmamedisin daglig? (Svar kun dersom du svarte "Ja" på forrige spørsmål)

- Ja
 Nei

25) Har du fått påvist noe av det følgende?

- Diabetes
 Hjertesykdom
 ADHD
 Dysleksi



26) Hvordan vil du selv definere din egen helse?

Velg alternativ

27) Hvordan vil du selv definere din egen fysiske form?

Velg alternativ

28) Hvordan vil du selv definere din konsentrasjonsevne?

Velg alternativ

29) Hvor mye tid bruker du i gjennomsnitt på elektroniske spill (PC-spill, Xbox, Playstation osv.) daglig? (Oppgi antall timer og minutter. Eks. 1 time 30 minutter)



30) Hvilket fag liker du best på skolen? (Skriv kun ett fag)

31) Hvilket er ditt beste fag karaktermessig? (Dersom lik karakter i flere fag, skriv det du selv føler deg best i av de fagene du har høyest karakter i)

32) Hvor godt/dårlig liker du kroppsøving/gym?

Velg alternativ

33) Hva er karakteren din i kroppsøving/gym? (Ta utgangspunkt i siste karakter du fikk i faget)

Velg alternativ



34) Hvordan kommer du deg til skolen i løpet av en gjennomsnittlig uke? (Her kan du krysse av for flere alternativ)

- Bil (kjører eller blir kjørt)
- Offentlig transport (buss, bil, båt, tog osv.)
- Går/spaserer
- Sykler
- Dersom annet; fyll inn her:

[]

35) Hvor gammel var du da du flyttet ut hjemmefra? La stå blankt om du fremdeles bor med foreldre/foresatte. (Eks. 17 år)

[]

36) Bor familien (foreldre/foresatte) i:

- Rekkehus
- Blokk
- Enebolig
- Dersom annet; fyll inn her:

[]

37) Hvor mange søsken har du? (søster, bror, halvbror, halv søster, stesøster, stebror)

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- Flere enn 5

© Copyright www.questback.com. All Rights Reserved.