



Mastergradsoppgave

**Sammenligning av interferens på sekundæroppgaver i
proksimale versus distale effektorer i arm**

Ane Djuvsland

Emnekode: MKØ210

Mastergradsoppgave i Kroppsøvings- og
idrettsvitenskap

Avdeling for lærerutdanning
Høgskolen i Nord-Trøndelag - 2015



HINT

SAMTYKKE TIL HØGSKOLENS BRUK AV MASTEROPPGAVE

Forfatter: Ane Djuvsland

Norsk tittel: Sammenligning av interferens på sekundæroppgaver i proksimale versus distale effektorer i arm

Engelsk tittel: Comparison of secondary-tasks interference in proximal versus distal effectors in arm

Kryss av:

Jeg samtykker i at oppgaven gjøres tilgjengelig på høgskolens bibliotek og at den kan publiseres på internett i fulltekst via BIBSYS Brage, HiNTs åpne arkiv

Min oppgave inneholder taushetsbelagte opplysninger og må derfor ikke gjøres tilgjengelig for andre
Kan frigis fra: _____

Dato:

underskrift

Sammenligning av interferens på sekundæroppgaver i proksimale versus distale effektorer i arm

Djuvsland, A.

Høgskolen i Nord-Trøndelag

Sammendrag

Formålet med dette studiet var å studere proksimal og distal muskulatur i ulike dual-task regimer, hvor man skal kontrollere en primæroppgave, og se hvor mye en sekundæroppgave interfererer. Primæroppgaven bestod av å kontrollere en joystick med proksimale eller distale effektorer i dominant arm. Sekundæroppgavene var i en kondisjon en motorisk oppgave på non-dominant arm, og i den andre en kognitiv sekundæroppgave som gikk ut på å stave ord baklengs. Det teoretiske grunnlaget for dette studiet er basert på nevroanatomiske og nevrofysiologiske forskjeller mellom proksimal og distal muskulatur.

Fjorten forsøkspersoner deltok i studiet, hvor de dag en hadde tilvenning av primæroppgaven med både proksimal og distal joystick. Dag to, test-dagen, ble de ulike kondisjonene gjennomført med et A-B-A-C-A-design.

Det ble funnet ingen signifikant forskjell i nedgangen av prestasjonen på primæroppgaven kontrollert av proksimal eller distal muskulatur når man samtidig utførte den kognitive sekundæroppgaven. Det ser ut som at de ulike kortikospinale banene ikke påvirker den motoriske primæroppgaven ved en kognitiv sekundæroppgave. Derimot ble det funnet en signifikant forskjell i nedgang av prestasjon på primæroppgaven mellom proksimale og distale effektorer, når man samtidig utfører en motorisk sekundæroppgave. At proksimal muskulatur interfereres i større grad av den motoriske sekundæroppgaven kan forklares ut i fra større bilaterale forbindelser for proksimal muskulatur sammenlignet med distal muskulatur.

Nøkkelord: motorisk kontroll, dual-task, interferens, proksimal, distal, joystick, corpus callosum, kortikospinale baner

Comparison of secondary-tasks interference in proximal versus distal effectors in arm

Djuvsland, A.

Høgskolen i Nord-Trøndelag

Abstract

The purpose of the present study was to study proximal and distal musculature in different dual-task regimes, in form of controlling a primary-task, and see how much a secondary-task interference. The primary-task consisted of controlling a joystick with proximal or distal effectors in dominant arm. The secondary-task was respectively in one condition a motor task in non-dominant arm, and a cognitive task consisting of spelling words backwards. The theoretical framework for this study is derived from neuroanatomical and neurophysiological differences to proximal and distal muscles.

Fourteen subjects participated in the study, where the first day was habituation of the primary-task with both proximal and distal joystick. The second day, the test day, the different conditions were completed with an A-B-A-C-A-design.

It was found no significant differences in performance decline between a primary-task controlled of proximal or distal muscles while handling a cognitive secondary-task. It seems like the different corticospinal pathway did not affect the motor primary-task while handling a cognitive secondary-task. However, it was a significant difference in decline in performance between proximal and distal effectors on the primary-task, when handling a motor secondary-task simultaneously. Proximal muscles interference more with a motor secondary-task could be explained by greater bilateral interactions for proximal muscles than distal muscles.

Keywords: motor control, dual-task, interference, proximal, distal, joystick, corpus callosum, corticospinal pathways

INNHALDSFORTEGNELSE

1. Introduksjon	5
1.1 Ulik nevroanatomi og nevrofysiologi for proksimale og distale muskler	6
1.1.1 Bilaterale forbindelser	6
1.1.2 Ulike kortikospinale baner	7
1.2 Praktiske implikasjoner av dual-task	8
1.3 Problemstilling	9
2. Metode	9
2.1 Forsøkspersoner	9
2.2 Utstyr	9
2.3 Design	12
2.4 Oppgaven	12
2.5 Prosedyre	14
2.6 Analyse av data	14
2.7 Statistiske analyser	15
3. Resultater	15
3.1 Sekundæroppgavenes påvirkning i forhold til baseline	16
3.2 Differanse i prestasjon for proksimale versus distale effektorer	17
4. Diskusjon	19
4.1 Bilaterale forbindelser ved dual-task	19
4.2 De kortikospinale banene og dual-task	20
4.3 Praktiske implikasjoner av resultatene	21
5. Konklusjon og veien videre	21
6. Litteraturliste	23
7. Etterord	26

1. Introduksjon

For å kunne prestere best mulig ved et dual-task regime kreves det at man er i stand til å ha en fleksibel oppmerksomhet tildelt to eller flere kanaler av informasjon (Low m.fl., 2009). I eksperimenter gjort på dual-task har forsøkspersonene ofte gjennomført en primæroppgave, mens man tilfører en sekundæroppgave (tilleggsoppgave) (Magill, 2011). Sekundæroppgaven som gjennomføres er brukt for å kunne se hvor mye den interfererer og tar oppmerksomhet fra primæroppgaven (Ebersbach m.fl., 1995; Baars & Gage, 2010; Magill, 2011; Simoni m.fl., 2013). Ved studier av interferens på motoriske primæroppgaver kan det påføres for eksempel en sekundæroppgave som er kognitiv, auditiv, visuell eller motorisk, og lignende. Motoriske oppgaver er kontrollert av det nevro-muskulære system (Sand m.fl., 2006; Sternberg & Sternberg, 2012; Brodal, 2013) og det er vist at to oppgaver som kontrolleres av det samme systemet interfererer i større grad med hverandre enn to ulike oppgaver (Klingberg & Roland, 1997; Haggard & Cockburn, 1998).

Uansett er ofte vanskelighetsgraden på sekundæroppgaven avgjørende for hvor mye den interfererer på den motoriske primæroppgaven, uavhengig om en bruker samme system eller ikke (Baars & Gage, 2010). Det er betydelig vanskeligere å kjøre en bil effektivt i rushtrafikken mens du holder en vedvarende komplisert samtale, enn om du skulle ha holdt en mindre komplisert samtale (Baars & Gage, 2010).

I hvor stor grad en sekundæroppgave interfererer med en motorisk primæroppgave er også avhengig av hvor godt innlært bevegelsen er, og viser at mer automatiserte bevegelser påvirkes mindre av ytre forstyrrelser enn ikke-automatiserte bevegelser (Blischke, 2003; Rémy m.fl., 2010).

En annen faktor som trolig kan påvirke hvor mye en sekundæroppgave interfererer med en motorisk primæroppgave kan være hvilken muskulatur som kontrollerer primæroppgaven. Proksimal og distal muskulatur er innad i det nevro-muskulære system ulikt koblet ut til musklene (Buccolieri m.fl., 2002; Kolb & Whishaw, 2009; Brodal, 2013). Tidligere atferdsstudier viser til at ulike typer muskulatur, som proksimal og distal, responderer ulikt ved motorisk kontroll og læring (Aune, 2013; Aune m.fl., 2013). Det kan trolig forklares på grunn av at proksimal og distal muskulatur har ulike nevroanatomier og nevrofysiologi (Aune, 2013; Aune m.fl., 2013).

1.1 Ulik neuroanatomi og neurofysiologi for proksimale og distale muskler

Proksimal og distal muskulatur innerveres på ulike måter i det nevromuskulære systemet (Bear m.fl., 2007; Brodal, 2013). Det gjør da at en motorisk primæroppgave kontrollert av proksimal eller distal muskulatur trolig kan interferere ulikt med en sekundæroppgave.

1.1.1 Bilaterale forbindelser¹

Bilaterale forbindelser kan føre til ulik interferens hos proksimale og distale motoriske primæroppgaver. Om en ser på de kortikale delene av det nevromuskulære systemet forbindes hemisfærenes homogene kortikale områder med en plass mellom 200 og 800 millioner kommissuralfibre i corpus callosum, som i all hovedsak forbinder de proksimale områdene (Banich, 1995; Bear m.fl., 2007). I henhold til ulikhetene som er mellom proksimale og distale muskler, har distal få eller ingen kommissuralfibre sammenlignet med proksimale muskler (Pandya & Vignolo, 1971; Jenny, 1979; Harrison, 1991; Brodal, 2013). Motor korteks (M1)² kontrollerer våre bevegelser, og når proksimale muskler har flere kommissuralfibre sammenlignet med distale muskler vil det resultere i at det er en større grad av bilaterale forbindelser mellom M1 i kontralateral hemisfære hos proksimale muskler (Pandya & Vignolo, 1971; Jenny, 1979; Harrison, 1991; Brodal, 2013).

De bilaterale forbindelsene for proksimale og distale muskler er også ulikt på spinalt nivå (Delwaide & Pepin, 1991; Jankowska m.fl., 2005; Jankowska m.fl., 2005). Den perifere nevrøle reguleringen av hemmende og fremmende nervesignaler består av komplekse forbindelser mellom internevrøner og motornevrøner (Jankowska, 1992; Pierrot-Deseilligny & Burke, 2005). Studier gjort ved unilaterale kontraksjoner har vist en økt aktivering av kontralaterale motornevrøner (Hortobagyi m.fl., 2003). I det ventromediale systemet (spinal lamina (VIII)) er det lokalisert kommissurale internevrøner som kommuniserer med kontralaterale motornevrøner som aktiverer helkroppsbevegelser, aksiale og proksimale bevegelser (Jankowska m.fl., 2005; Jankowska m.fl., 2005). Slike kommissurale internevrøner bidrar dermed til sterke bilaterale forbindelser mellom proksimal muskulatur på spinalt nivå

¹ Bilaterale forbindelser vil si forbindelser mellom begge halvdelene av nervesystemet (Brodal, 2013).

² Motor korteks er den delen av hjernen som planlegger og gjennomfører bevegelser (Brodal, 2013).

(Delwaide & Pepin, 1991). Dette gjør da at proksimale muskler har en større forbindelse med kontralateral halvdel av nervesystemet sammenlignet med distale muskler også på spinalt nivå.

En hypotese i forlengelse av dette er at en motorisk sekundæroppgave på non-dominant arm vil interferere i større grad med en motorisk primæroppgave kontrollert av proksimal effektorsystem³ sammenlignet med distal effektorsystem.

1.1.2 Ulike kortikospinale baner

Fra M1 går aksjonspotensialene gjennom aksoner i de direkte kortikospinale banene og de indirekte kortikospinale banene for å kontrollere bevegelsene (Kolb & Whishaw, 2009; Brodal, 2013). Rundt 95 % av de monosynaptiske aksonene i de direkte kortikospinale banene fra M1 krysser fra hver hemisfære i medulla oblongata. Aksonene følger så de laterale kortikospinale banene, og kobles opp til lateraliserte motornevroner i ventralhornet som innerverer distal muskulatur (Buccolieri m.fl., 2002; Kolb & Whishaw, 2009; Brodal, 2013). Distal muskulatur ser dermed ut til å være mer adskilt ved at mesteparten av aksonene krysser i medulla oblongata, og følger de laterale kortikospinale banene (Kolb & Whishaw, 2009; Brodal, 2013), og har ikke like mange bilaterale forbindelser som befinner seg i spinal lamina VIII (Jankowska m.fl., 2005; Jankowska m.fl., 2005).

De direkte kortikospinale banene kontrollerer viljestyrte bevegelser, men desto mer automatisk og proksimal bevegelsen er, desto mer er selve utførelsen av bevegelsen overlatt til nevrongrupper i hjernestammen og ryggmargen, altså gjennom de indirekte kortikospinale banene (Kolb & Whishaw, 2009; Brodal, 2013). De indirekte kortikospinale banene, som er mer polysynaptiske, krysser imidlertid ikke i samme grad i medulla oblongata, og følger det ventromediale systemet (Kolb & Whishaw, 2009; Brodal, 2013). De indirekte kortikospinale banene står for de mer automatiserte bevegelsene som utføres i større grad av proksimal muskulatur (Brodal, 2013). Automatiserte bevegelser antas å produseres effektivt og på en enkel måte og setter ikke spesielt store krav til den kognitive forståelsen av oppgaven, og vil da ikke påvirkes av ytre forstyrrelser i like stor grad som ikke-automatiserte bevegelser (Blischke, 2003). Blischke (2003) viser videre til at bevegelser som ikke er trent på

³ Effektor er her definert som “a component unit of the motor system that is involved in performing a movement. An effector is thus a muscle-joint system.” (Vangheluwe m.fl., 2004).

(mindre automatiserte) har en markert økning i sentralnervesystemets aktivitetsnivå, spesielt når kravene til bevegelsene øker gjennom dual-task. Videre påpekes det også at aktivitetsnivået til sentralnervesystemet mer eller mindre er lik baseline, selv om en dual-task ble gjennomført, når bevegelsene så å si er blitt automatiserte (Blischke, 2003). Når det gjelder interferens av en sekundæroppgave på en motorisk primæroppgave som ikke er innlært kan proksimale og distale bevegelser interferere ulikt. Proksimale bevegelser kan i utgangspunktet ha en fordel, da de i større grad aktiveres av de indirekte kortikospinale banene som ser ut til å være mer automatiserte (Kolb & Whishaw, 2009; Brodal, 2013).

En mulig hypotese ut i fra de ulike kortikospinale banene er at en kognitiv sekundæroppgave vil interferere i større grad med en motorisk primæroppgave kontrollert av distal effektorsystem sammenlignet med proksimal effektorsystem.

1.2 Praktiske implikasjoner av dual-task

Dual-task, og det å kunne utføre to oppgaver samtidig er et aktuelt tema på idrettsarenaen og i dagliglivet, samt at det også har praktiske implikasjoner ved kobling mellom menneske og maskin (man-machine interface⁴), og ved utvikling av ulike styringsenheter. Styringsenheter produseres i ulike typer, og kan ha ulik posisjon i forhold til operatøren. Det kan resultere i at operatøren må kontrollere de ulike styringsenhetene med ulik type muskulatur. Et praktisk eksempel på fenomenet dual-task knyttet opp mot proksimal og distal muskulatur, som dette studiet kan ta utgangspunkt i, er styringsenheter på for eksempel elektriske rullestoler. Det kan gjøre seg høyst gjeldende for mennesker som av en eller annen årsak må begynne å bruke elektrisk rullestol. I en begynnelsefase vil trolig styringsenheten være med å påvirke hvor godt man klarer å styre rullestolen, og når man samtidig må utføre andre typer oppgaver kan det by på en ekstra utfordring i forhold til styringen. I den sammenheng vil type styringsenhet, proksimal eller distal joystick, kunne være med å påvirke hvor godt man som rullestolbruker klarer å utføre flere oppgaver samtidig.

⁴ Man-machine interface refererer til hvordan interaksjonen foregår mellom menneske og maskin eller en type utstyr.

1.3 Problemstilling

Som beskrevet i det foregående, har nervesystemet ulik anatomisk oppbygging for proksimale og distale muskler med konsekvenser for motorisk kontroll. Ut i fra dette er det mulig å fremme følgende hypoteser knyttet til motorisk kontroll og koordinasjon av proksimale og distale bevegelser:

- 1) I motorisk kontroll av dominant arm vil en motorisk sekundæroppgave på non-dominant arm ha større påvirkning på proksimale effektorer sammenlignet med distale effektorer.
- 2) I en motorisk kontrolloppgave med dominant arm vil en kognitiv sekundæroppgave ha større effekt på distale effektorer sammenlignet med proksimale effektorer.

2. Metode

2.1 Forsøkspersoner

Forsøkspersonene var fjorten høskolestudenter, hvorav sju kvinner og sju menn, deltok frivillig i denne undersøkelsen (alder kvinner $\bar{x} = 23,9$, $SD = 7,5$ år, alder menn $\bar{x} = 25,1$, $SD = 1,6$ år), ingen med kjente funksjonelle begrensninger eller nevromuskulære sykdommer. Forsøkspersonene var alle høyrehendte dokumentert ved Edinburgh Handedness Inventory ($\bar{x} = 89,2$, $SD = 12,1$) (Oldfield, 1971). Forsøkspersonene ble informert om studiet, og samtykket skriftlig om deltagelse før oppstart av forskningsprosjektet. Studiet ble gjennomført i henhold til Helsinki Deklarasjonen.

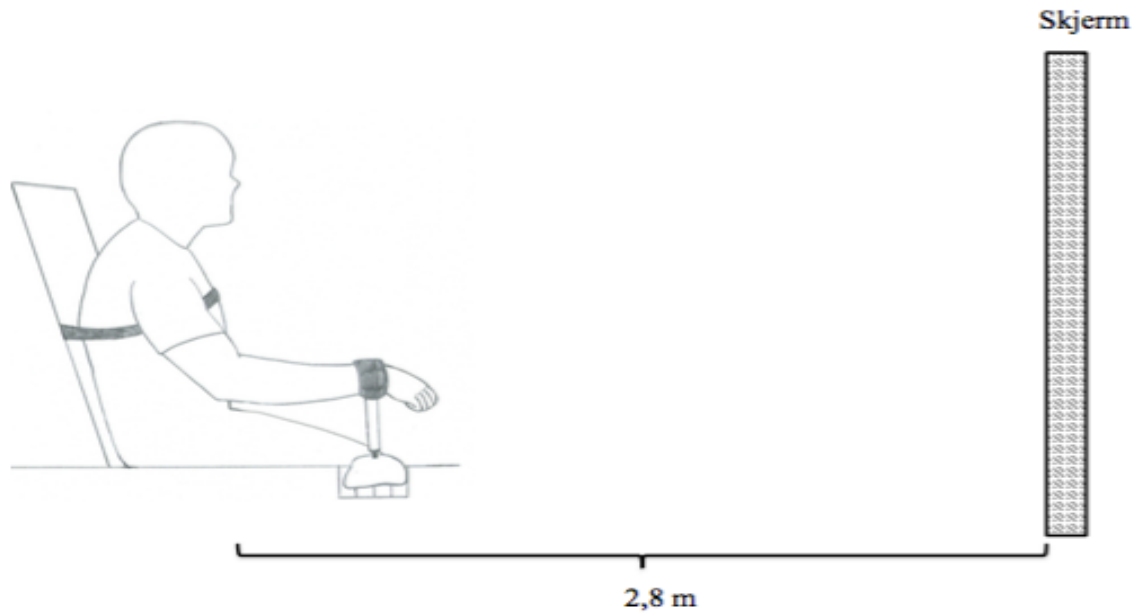
2.2 Utstyr

Et ”virtuelt flyprogram” (target-løype⁵) som var spesiallaget for studiet, hvor avstanden mellom target og sikte ble registret for både vertikalt (y-akse) og horisontalt plan (x-akse). Samplingsfrekvens for programmet var på 100hz. Forsøkspersonene var plassert 2,8 m fra skjermen, hvor skjermens størrelse var 189 * 114 cm, i både de proksimale og distale trenings- og testkondisjonene (se figur 1 og 2).

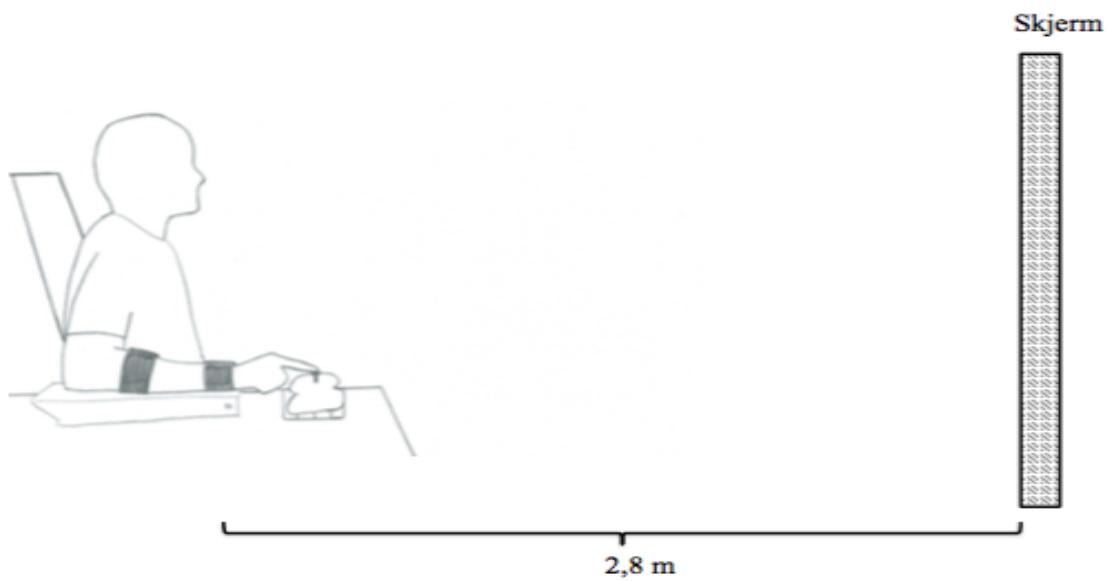
⁵ Target-løypen vil si en løype hvor forsøkspersonene best mulig skal prøve å holde et sikte over et target-punkt, som er det ideelle målet med løypen.

En Logitech joystick (Logitech Gamepad F310) var ombygget slik at lengden på joystickens stamme fra rotasjonspunktet på joysticken og kontaktpunktet til forsøkspersonen kunne kortes ned eller forlenges, slik at de proksimale og distale effektorene hadde tilnærmet lik bevegelsesområde (range of movement, ROM) i kondisjonene. Forsøkspersonene satt i en stol både i den proksimale og distale kondisjonen, hvor forsøkspersonene var avstivet med utstyr som var spesiallaget for å isolere bevegelser av ledd som ikke skulle aktiveres. Ved testing av proksimale effektorsystem ble forsøkspersonenes overkropp avstivet med en stropp, og føttene avlastet slik at det kun var mulig med isolerte bevegelser med skulder og albue. Kontaktpunktet mellom forsøkspersonene og joysticken var på den distale delen av underarmen (håndleddet) (se figur 1). Ved testing av distale effektorsystem ble underarmen isolert med borrelås på en spesiallaget flate ved siden av forsøkspersonen. Forsøkspersonene kunne da bare bevege håndledd og index finger, hvor kontaktpunktet mellom forsøkspersonene og joysticken var index finger (se figur 2).

Den motoriske sekundæroppgaven besto av en spesiallaget dreieskive. Forsøkspersonene skulle rotere dreieskiven og holde den i en kontinuerlig bevegelse, samtidig som de gjennomførte den motoriske primæroppgaven (se figur 4).



Figur 1. Det eksperimentelle oppsettet for proksimal oppgave. For å kunne isolere bevegelsene til proksimale effektorer ble forsøkspersonen begrenset med stoppe som illustrert i figuren. Forsøkspersonen satt oppreist i stolen med kontaktpunktet på den distale delen av underarmen.



Figur 2. Det eksperimentelle oppsettet for distal oppgave. For å kunne isolere bevegelsene til bare distale effektorer ble forsøkspersonen begrenset med borrelås som illustrert i figuren. Forsøkspersonen satt oppreist i stolen med armen pronert som vist i figuren.

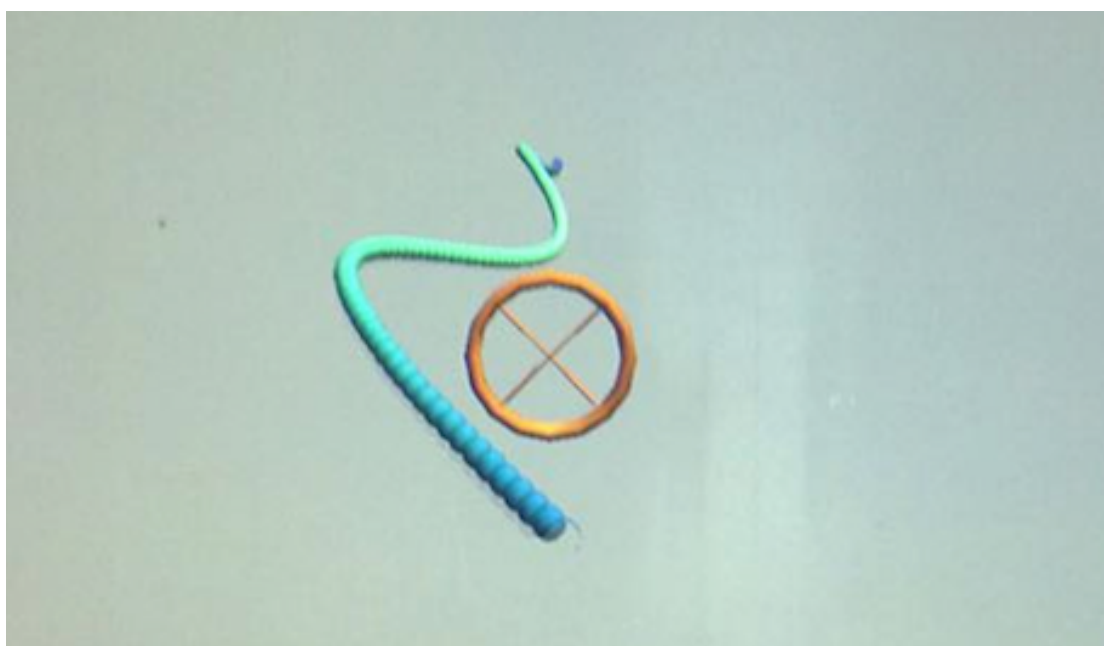
2.3 Design

Undersøkelsen ble gjennomført med et reversal design (Thomas m.fl., 2011). Rekkefølgen på betingelsene A, B og C ble variert slik at halvparten av forsøkspersonene gjennomførte forsøket som et A-B-A-C-A-design, mens den andre halvparten utførte testingen som et A-C-A-B-A-design. Samme rekkefølge for betingelsene ble brukt for hver forsøksperson for både proksimal og distal oppgave.

2.4 Oppgaven

Oppgaven (den avhengige variabelen) var å gjennomføre en 2D target-løype kalt Coordinate V1 (utviklet av Avdeling for Spill- og opplevelsesteknologi, Høgskolen i Nord-Trøndelag) hvor hensikten var å holde et sikte i senter av en bevegende target-løype i vertikalt og horisontalt plan på en skjerm ved hjelp av en joystick (se figur 3). Forsøkspersonene kunne til en hver tid se hvor siktet var i forhold til target-løypen. Når sentret av siktet var i senter av target-løypen (siktet overlappet target-løypen) ble et hvitt lyspunkt synlig. Alle avvik fra siktet til target-løypen ble registrert i både vertikalt (y-plan) og horisontalt plan (x-plan).

Studiet ble gjennomført med to ulike joystickers som var tilpasset og skalert for bruk av proksimale og distale effektorsystemer. ROM for hver joystick var standardisert ut fra tilnærmet 15° sideveis og 15° framover og bakover (totalt ROM 30° sideveis og 30° fram og tilbake) for både proksimale og distale effektorsystem.



Figur 3. Bildet viser sikte og target-løypen. Oppgaven var å holde sentret av siktet i senter av den bevegelige target-løypen på både vertikalt og horisontalt plan.

Forsøket ble gjennomført med tre betingelser. En baseline betingelse og to med sekundæroppgaver som hadde til hensikt å perturbere forsøkspersonenes bevegelser, og for å se hvordan proksimale og distale effektorsystem responderte på de respektive sekundæroppgavene.

Betingelse A - Baseline bestod av at forsøkspersonene skulle gjennomføre targetløypen så presist som mulig.

Betingelse B - Den kognitive sekundæroppgaven bestod av at forsøkspersonene skulle stave så mange ord som mulig på fem bokstaver baklengs (Hollman m.fl., 2010), mens de utførte primæroppgaven. Forsøkspersonene hadde totalt seks sekunder på hvert ord. De fikk nye ord fortløpende uavhengig om de hadde avsluttet foregående eller om de løste oppgaven rett eller galt. Det ble brukt standardiserte ord på fem bokstaver, som igjen ble randomisert for hver forsøksperson.

Betingelse C – Den motoriske sekundæroppgaven på non-dominant arm bestod av at forsøkspersonene skulle rotere en dreieskive kontinuerlig med klokken i en stabil hastighet, mens man fortsatt styrte joysticken med dominant arm (primæroppgaven) (se figur 4).



Figur 4. Forsøkspersonene måtte rotere en dreieskive kontinuerlig under den motoriske sekundæroppgaven med non-dominant arm, mens de gjennomførte den motoriske primæroppgaven på dominant arm. Forsøkspersonene dreide med klokken.

2.5 Prosedyre

Forsøkspersonene gjennomførte studiet med følgende testoppsett:

Dag 1) Øving på oppgaven under betingelse A:

Dag en gjennomførte forsøkspersonene betingelse A, for både den proksimale og distale joystick, 10 ganger for å bli kjent med oppgaven, og øke sitt ferdighetsnivå på betingelse A. Hver betingelse hadde en varighet på 50 sekunder. Forsøkspersonene ble randomisert i forhold til om de startet med proksimal eller distal joystick.

Dag 2) Øving på oppgaven under betingelse A, og testing:

Forsøkspersonene gjennomførte target-løypen 5 ganger (betingelse A), for den proksimale og distale joystick før testgjennomføringen. Deretter ble selve testen gjennomført med skissert reversal-design på proksimal og distal joystick.

Forsøkspersonene fikk før gjennomføringen av testen en instruks om at den motoriske primæroppgaven hadde høyest prioritet, men at sekundæroppgavene også skulle gjennomføres på best mulig måte.

2.6 Analyse av data

For testresultatene i de ulike betingelsene ble det beregnet gjennomsnittlig avvik fra target-løypen. Hvor forsøkspersonenes avstand i vertikalt plan (y-plan) og horisontalt plan (x-plan) ble registrert, og samlet avvik (SA) for de to planene ble beregnet ut i fra Pytagoras formel:

$$a = \sqrt{(b^2 + c^2)}$$

For baseline (A) var det gjennomsnittet av de tre forsøkene som ble brukt i dataanalysen, sammen med enkeltforsøkene på den kognitive (B) og motoriske sekundæroppgaven (C). Prestasjonsmålene ble målt i virtuelle meter (vm) som er en standardisert måleenhet satt i programmet (Coordinate V1). SA ble brukt for å kunne evaluere effekten av de to sekundæroppgavene, samt for å evaluere hvorvidt proksimale og distale effektorsystem responderte ulikt på sekundæroppgavene.

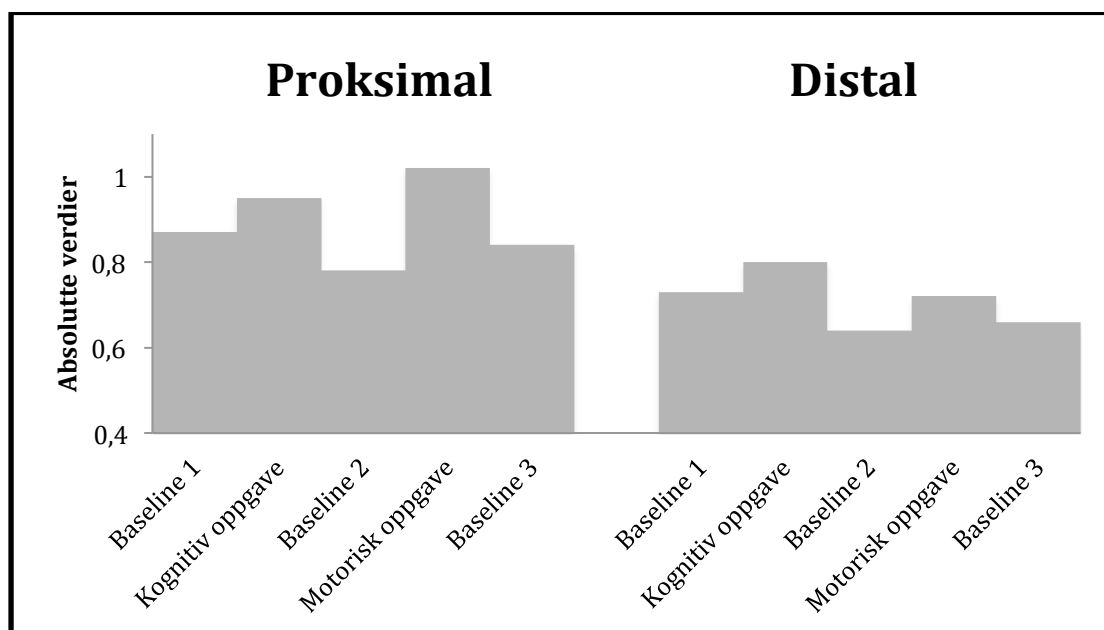
De respektive tallene kom ut i absolutte verdier, så for å kunne sammenligne proksimale og distale effektorsystem ble de absolutte tallene omregnet til relative tall. Dette fordi at proksimale effektorsystem i utgangspunktet hadde et lavere prestasjonsnivå enn distale, og at man gjennom relative verdier får et bedre utgangspunkt for å kunne sammenligne de to effektorsystemene.

2.7 Statistiske analyser

For å kunne vurdere effekten av de to sekundærøppgavene, og hvorvidt proksimale og distale effektorsystem responderte ulikt, ble absolutte og relative verdier analysert med Wilcoxon Signed Ranks test. Programmet SPSS 21.0 ble brukt for alle statistiske analyser, og kriteriet for å indikere om resultatene var statistisk signifikant var $p \leq 0,05$.

3. Resultater

Ved å sammenlikne resultatene over faser, viser dette en tydelig endring når en veksler mellom baseline (A) og de to sekundærøppgavene (B og C) for både proksimal og distal betingelse (se figur 5). Forsøkspersonene får generelt en nedgang i presisjonen for både proksimal og distal muskulatur når de i tillegg til den motoriske primærøppgaven må utføre de to sekundærøppgavene. Resultatene tyder også på at forsøkspersonene presterer dårligere under alle faser og betingelsene som utføres med proksimal muskulatur sammenlignet med distal muskulatur.



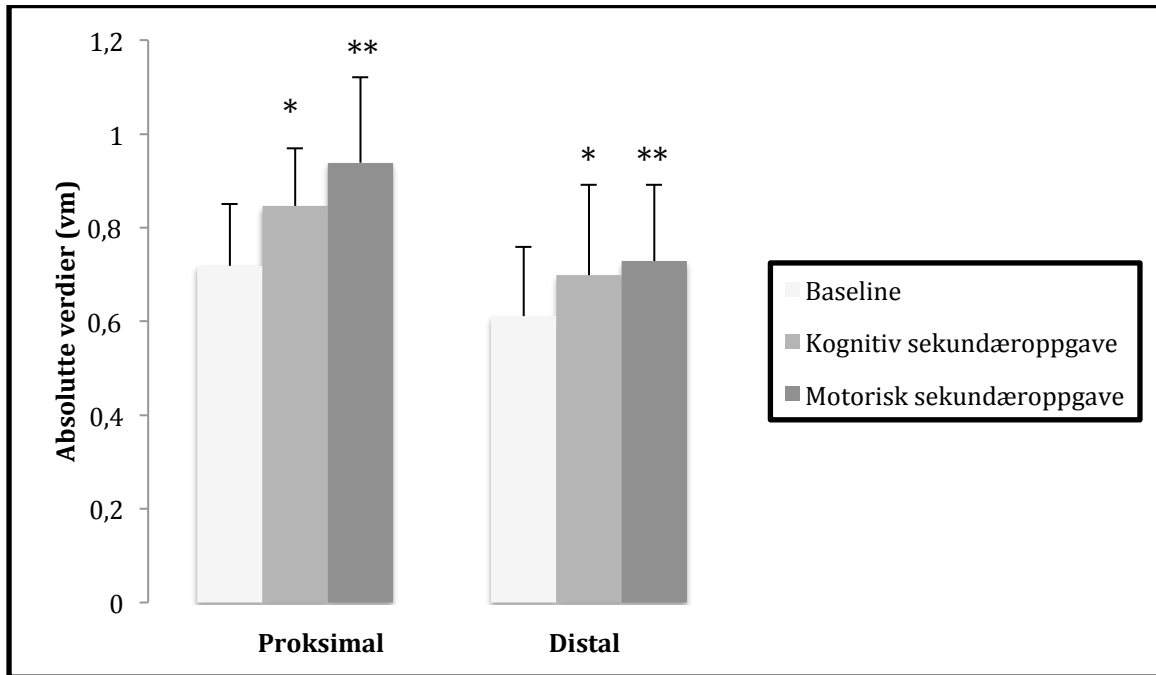
Figur 5. Figuren viser resultatene til en representativ forsøksperson på proksimal og distal joystick ut i fra A-B-A-C-A-designet, hvor man får tydelige perturbasjoner fra baseline når man i tillegg til den motoriske primærøppgaven utfører både den kognitive og motoriske sekundærøppgaven.

3.1 Sekundær oppgavens påvirkning i forhold til baseline

Endringer i skårer fra betingelse A til betingelse B (kognitiv sekundær oppgave) med bruk av den lange joystick (proksimale effektorsystem) var 0,13 vm, og for den korte joystick (distale effektorsystem) var 0,09 vm, målt i absolutte verdier. Mens endringene fra betingelse A til betingelse C (motorisk sekundær oppgave) for den lange joystick (proksimale effektorsystem) var 0,22 vm, og 0,12 vm for den korte joystick (distale effektorsystem) (se tabell 1). Forskjellene mellom betingelsene (A, B og C), ble testet med bruk av baseline, kognitiv sekundær oppgave og motorisk sekundær oppgave. Resultatene viste at det var signifikant dårligere presisjon med den kognitive sekundær oppgaven sammenlignet med baseline både ved proksimal og distal styring (lang og kort joystick), med henholdsvis $p = 0,0005$ og $p = 0,0445$. Resultatene viste videre at det var signifikant dårligere presisjon med den motoriske sekundær oppgaven sammenlignet med baseline både ved proksimal og distal styring (lang og kort joystick), med $p = 0,0005$ og $p = 0,001$.

Tabell 1. Tabellen viser gjennomsnittet, standardavviket og maksimum og minimum avstand hos de fjorten forsøkspersonene i de ulike kondisjonene i absolutte tall.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Proksimal baseline	14	0,51	0,99	0,7186	0,13126
Proksimal kognitiv	14	0,66	1,13	0,8464	0,12320
Proksimal motorisk	14	0,61	1,18	0,9386	0,18216
Distal baseline	14	0,45	0,95	0,6107	0,14840
Distal kognitiv	14	0,45	1,12	0,6986	0,19291
Distal motorisk	14	0,53	1,04	0,7286	0,16281



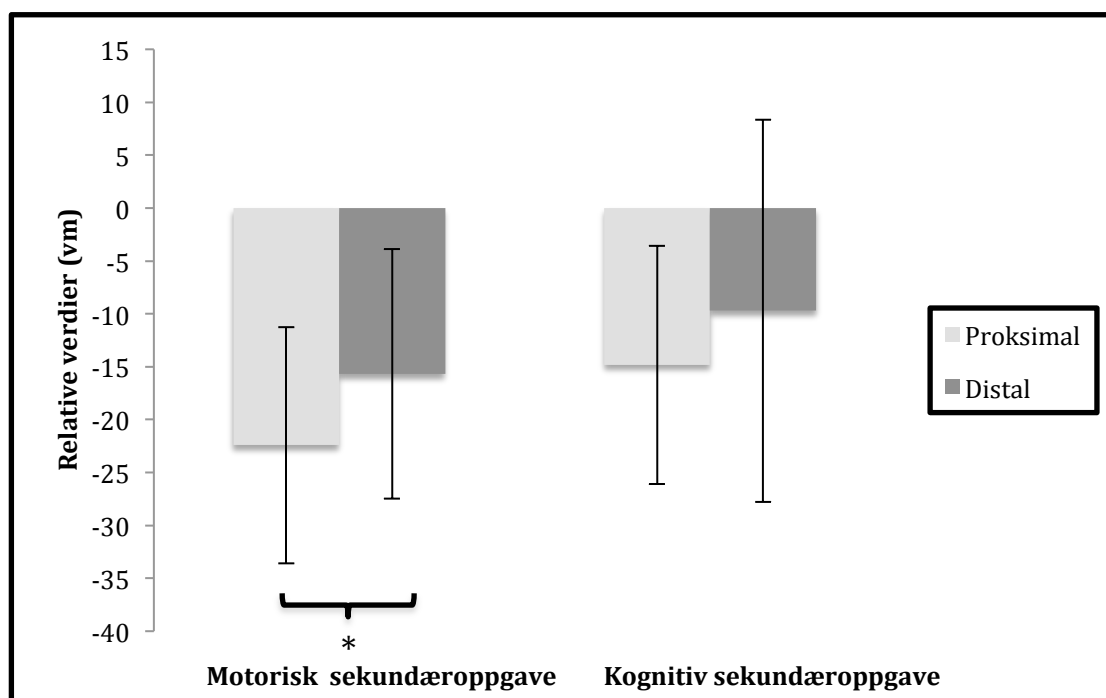
Figur 6. Figuren viser presisjonen på baseline, kognitiv sekundær oppgave og motorisk sekundær oppgave ved proksimal og distal styring. * indikerer signifikant forskjell fra baseline til den kognitive sekundær oppgaven for både proksimale og distale effektorsystem. ** indikerer signifikant forskjell fra baseline til den motoriske sekundær oppgaven for både proksimale og distale effektorsystem. Standardavviket illustreres med topp.

3.2 Differanse i prestasjon for proksimale versus distale effektorer

For å kunne sammenligne den relative størrelsen i prestasjonsnedgangen for proksimal og distal muskulatur, ble den relative nedgangen ved kognitiv og motorisk sekundær oppgave for proksimal og distal kalkulert. Den relative nedgangen for proksimale effektorer ved kognitiv sekundær oppgave var 14,83 %, og for distale effektorer 9,71 %. Den relative nedgangen for proksimale effektorer ved motorisk sekundær oppgave var 22,41 %, og henholdsvis 15,68 % for distale effektorer (se tabell 2). Wilcoxon Signed Ranks test indikerer en statistisk signifikant forskjell mellom proksimale og distale effektorer med den motoriske sekundær oppgaven, henholdsvis $p = 0,028$. For den kognitive sekundær oppgaven fikk man ikke en statistisk signifikant forskjell mellom proksimale og distale effektorer, hvor $p = 0,12$.

Tabell 2. Tabellen viser gjennomsnittet, standardavviket og maksimum og minimum avstand hos de fjorten forsøkspersonene når man sammenlignet proksimale og distale effektorer på den motoriske og kognitive sekundær oppgaven i relative tall.

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Motorisk sekundær oppgave					
Proksimal	14	-44,07	0,00	-22,4129	11,17266
Distal	14	-36,46	4,00	-15,6779	11,78826
Kognitiv sekundær oppgave					
Proksimal	14	-42,05	0,00	-14,8250	11,28081
Distal	14	-58,93	9,33	-9,7086	18,07205



Figur 7. Figuren viser forskjellen på hvordan proksimale versus distale effektorer responderer på den motoriske og kognitive sekundær oppgaven målt i relative verdier. * indikerer evt. signifikant forskjell mellom proksimale og distale effektorer. Standardavviket illustreres med topp og bunn.

4. Diskusjon

Hensikten med det foreliggende atferdsstudiet var å sammenligne om proksimale og distale effektorer i dominant arm responderte ulikt i et dual-task regime. Den teoretiske bakgrunnen for et slik studie er basert på at proksimal og distal muskulatur har en ulik nevrofysiologi og nevroanatomi. Ut ifra de respektive hypotesene antok man at en motorisk primærøppgave kontrollert av proksimale muskler i dominant arm skulle beherske en motorisk sekundærøppgave på non-dominant arm dårligere sammenlignet med distale muskler. Samt at en motorisk primærøppgave kontrollert av proksimale muskler i dominant arm skulle beherske en kognitiv sekundærøppgave bedre sammenlignet med distale muskler.

4.1 Bilaterale forbindelser ved dual-task

I dette studiet ser man at proksimale effektorer i dominant arm interferer mer med en motorisk sekundærøppgave i non-dominant arm enn distale effektorer. Det kan trolig årsaksforklares med kortikale og spinale ulikheter mellom proksimal og distal muskulatur. På kortikalt nivå har proksimal muskulatur en større andel av kommissuralfibre i corpus callosum sammenlignet med distal muskulatur (Pandya & Vignolo, 1971; Jenny, 1979; Harrison, 1991; Brodal, 2013). Det gjør at kortikale områder som kontrollerer proksimale muskler har flere bilaterale forbindelser enn distale muskler (Pandya & Vignolo, 1971; Jenny, 1979; Harrison, 1991; Brodal, 2013). Når proksimal muskulatur har en sterkere forbindelse mellom hemisfærene kan det se ut som om at det interfererer og virker mer perturbende på prestasjonen til den motoriske primærøppgaven når den er kontrollert av proksimale effektorer. Proksimal muskulatur har også spinalt flere bilaterale forbindelser når de følger det ventromediale systemet (Kolb & Whishaw, 2009; Brodal, 2013). I det ventromediale systemet (spinal lamina VIII) er det lokalisert kommissurale internevroneer som har sterke forbindelser med kontralaterale motornevroneer (Jankowska m.fl., 2005; Jankowska m.fl., 2005). Når slike internevroneer aktiverer motornevroneer som innnerverer mer helkroppsbevegelser, aksiale og proksimale bevegelser (Delwaide & Pepin, 1991), kan det også forklare hvorfor proksimale effektorer interferer mer med en motorisk sekundærøppgave gjennomført på non-dominant arm. Distal muskulatur har få eller ingen kommissuralfibre og følger de direkte kortikospinale banene som gjør at de er noe mer adskilt fra kontralateral side (Pandya & Vignolo, 1971; Jenny,

1979; Harrison, 1991; Brodal, 2013), og kan da interferere mindre med en motorisk sekundærøppgave i non-dominant arm.

4.2 De kortikospinale banene og dual-task

Rémy m.fl. (2010) viser til at dual-task i større grad kan oppleves som perturberende tidlig i motorisk læring (innlæringsfasen), sammenlignet med etter at bevegelsen har blitt innlært og er mer automatisert. Etersom proksimale muskler i utgangspunktet er kontrollert av de mer automatiserte indirekte kortikospinale banene (Brodal, 2013), kan det tenkes at proksimal muskulatur behersker en kognitiv sekundærøppgave bedre enn distal muskulatur uten at en har trent på en bestemt ferdighet. De respektive funnene viser derimot at det ikke er en signifikant større nedgang i prestasjon på den motoriske primærøppgaven styrt av distale effektorer sammenlignet med proksimale effektorer, når en i tillegg skal utføre en kognitiv sekundærøppgave. Det kan trolig forklares med at oppgaven i seg selv ikke er nok innlært og automatisert, selv om proksimal muskulatur følger de indirekte kortikospinale banene som kontrollerer mer automatiserte bevegelser (Brodal, 2013). Det kan da bety at innlæring av selve oppgaven er av større betydning enn de ulike nevroanatomiske og nevrofysiologiske systemene som proksimal og distal muskulatur følger. Automatiserte bevegelser, hvor oppgaven har blitt automatisert, vil da spille en større rolle enn hvorvidt muskulaturen i utgangspunktet er mer automatisert av de indirekte kortikospinale banene. Hypotesen om at distale effektorsystem lar seg interferere i større grad av en kognitive sekundærøppgaven sammenlignet med proksimale effektorsystem stemmer ikke i dette tilfellet.

Standardavviket på distal (se figur 7) viser at enkelte av forsøkspersonene ble mer presis med en kognitiv sekundærøppgave sammenlignet med baseline. Det kan trolig forklares ut i fra metodologiske årsaker, hvor tre av de fire forsøkspersonene som ble mer presis i den motoriske primærøppgaven med den kognitive sekundærøppgaven hadde trening med distal joystick til slutt, hvor det mest sannsynligvis har oppstått en læringseffekt. Gjennom å randomisere hvorvidt forsøkspersonene startet å trene med proksimal eller distal joystick på dag en og dag to, rekkefølgen på tidsdesignet (A-B-A-C-A eller A-C-A-B-A), samt hvilke ord de fikk under den kognitive sekundærøppgaven, skulle være med å forhindre en slik læringseffekt, eller at andre tilfeldigheter kunne påvirke resultatet. Allikevel ser det ut som om det har oppstått en læringseffekt hos enkelte av forsøkspersonene på den

kognitive sekundæroppgaven, noe som trolig kan forklares ut i fra testoppsettet og rekkefølgen av treningen med proksimal og distal joystick.

4.3 Praktiske implikasjoner av resultatene

Den motoriske sekundæroppgaven på non-dominant arm interferer i større grad med proksimal muskulatur sammenlignet med distal når man utfører en motorisk primæroppgave på dominant arm. Med tanke på praktiske implikasjoner i forhold til man-machine interface og styringsenheter av for eksempel elektrisk rullestol, kan det se ut som om det er mest hensiktsmessig å bruke styringsenheter som i hovedsak er kontrollert av distal muskulatur. Nettopp på grunn av at det ser ut til at distal joystick i større grad takler en motorisk sekundæroppgave på non-dominant arm sammenlignet med proksimal joystick. Samt at funnene bekrefter at proksimal joystick ikke er bedre til å kontrollere en motorisk primæroppgave på dominant arm når man samtidig skal utføre en kognitiv sekundæroppgave.

5. Konklusjon og veien videre

Studiets resultater viser til at en kognitiv sekundæroppgave som skal utføres samtidig som en motorisk primæroppgave ikke gir signifikant nedgang i prestasjon på den motoriske primæroppgaven når den utføres med proksimale effektorsystem sammenlignet med distale. Noe som kan forklares ved at den motoriske primæroppgaven ikke er automatisert nok, selv om proksimal muskulatur følger de indirekte kortikospinale banene, som i større grad skal være mer automatiserte bevegelser sammenlignet med distal muskulatur (Brodal, 2013). Derimot når man skal gjennomføre en motorisk sekundæroppgave på non-dominant arm samtidig som en motorisk primæroppgave på dominant arm, viser proksimal muskulatur en signifikant nedgang i prestasjonen på den motoriske primæroppgaven sammenlignet med distal muskulatur. Det kan trolig forklares igjennom nevroanatomiske og nevrofysiologiske forskjeller på proksimal og distal, hvor sekundæroppgaven i større grad interfererer med den motoriske primæroppgaven for proksimal muskulatur sammenlignet med distal. Det er ikke foretatt noen direkte målinger av et slikt funn i dette studiet. Videre studier for proksimale og distale forskjeller ved dual-task kan da bli å måle hjerneaktiviteten og muskelaktiviteten med EEG og EMG. Måler man

hjerneaktiviteten kan man få et mer detaljert bilde av interhemisferisk kommunikasjon for proksimal og distal muskulatur, som igjen kan være med å årsaksforklare funnene i større grad.

I det foreliggende studiet er det foretatt målinger bare på den motoriske primær oppgaven, hvor videre forskning kan ta for seg målinger også på de to sekundær oppgaven. Hvor det kan være interessant å få et eksakt mål også på sekundær oppgaven for å se i hvor stor grad den motoriske primær oppgaven og sekundær oppgaven interfererer med hverandre.

For senere studier vil det også kunne være interessant å skille mellom proksimal og distal muskulatur på den motoriske sekundær oppgaven, dette for at man oppnår en tydeligere spesifisitet i forskningen, og man kan dermed få et tydeligere skille mellom proksimal og distal muskulatur også på sekundær oppgaven.

6. Litteraturliste

- Aune, M.A. (2013): *Inter-effektor transfer, intra-limb transfer og bilateral transfer mellom proksimale og distale effektorer i de øvre ekstremiteter*. Levanger, Høgskolen i Nord-Trøndelag
- Aune, T.K., M.A. Aune, G. Etteman og B. Vereijken (2013): Comparison of bilateral force deficit in proximal and distal joints in upper extremities. *Human Movement Science* 32, 436-444
- Baars, B.J. & N.M. Gage (2010): *Cognition, Brain, and Consciousness – introduction to cognitive neuroscience*. 2.utgave. Canada, Elsevier
- Banich, M.T. (1995): Interhemispheric processing: Theoretical considerations and empirical approaches. In R.J. Davidson & K. Hugdahl (Eds.). *Brain Asymmetry*. Cambridge, MA, MIT Press, 427-450
- Bear, M.F., B.W. Connors & M.A. Paradiso (2007): *Neuroscience – Exploring the brain*. 3.utgave. United States of America, Lippincott Williams & Wilkins
- Blischke, K. (2003): Ökonomosert Bewegungsautomatisierung unter schwierigen Aufgabenbedingungen die zentralnervöse Aktivierung? – Eine explorative Laborstudie. *Psychologie und sport* 10, 42-52
- Brodal, P. (2013): *Sentralnervesystemet*. 5.utgave. Oslo, Universitetsforlaget
- Buccolieri, A., L. Avanzino, C. Trompetto & G. Abbruzzese (2002): Relaxation in distal and proximal arm muscles: a reaction time study. *Clinical Neurophysiology* 114, 313-318
- Delwaide, P.J. & J.L. Pepin (1991): The influence of contralateral primary afferents of 1a inhibitory interneurons in humans. *Journal of Physiology* 439, 161-179
- Ebersbach, G., M.R. Dimitrijevic & W. Poewe (1995): Influence of concurrent tasks on gait: A dual-task approach. *Perceptual and Motor Skills* 81, 107-113
- Haggard, P. & J. Cockburn (1998): Concurrent performance of cognitive and motor tasks in neurological rehabilitation. *Neuropsychological rehabilitation* 8, 2, 155-170
- Harrison, D.W. (1991): Concurrent verbal interference of right and left proximal and distal upper extremity tapping. *Acta Psychologica* 76, 121-132
- Hollman, J.H., K.B. Childs, M.L. McNeil, A.C. Mueller, C.M. Quilter & J.W. Youdas (2010): Number of strides required for reliable measurements of pace, rhythm and variability parameters of gait during normal and dual task walking in older individuals. *Gait & Posture* 32, 23-28

Hortobagyi, T, J.L. Taylor, N.T. Petersen, G. Russel & S.C. Gandevia (2003): Changes in segmental and motor cortical output with contralateral muscle contractions and altered sensory input in humans. *Journal of Neurophysiology* 90, 2451-2459

Jankowska, E. (1992): Interneuronal relay in spinal pathways from proprioceptors. *Progress in Neurobiology* 38, 335-378

Jankowska, E., S.A. Edgley, P. Krutki & I. Hammar (2005): Functional differentiation and organization of feline midlumbar commissural interneurons. *Journal of Neurophysiology* 565, 645-658

Jankowska, E., P. Krutki & I. Hammar (2005): Relative contribution of 1a inhibitory interneurons to inhibition of feline contralateral motoneurons evoked via commissural interneurons. *Journal of Physiology* 658, 617-628

Jenny, A.B. (1979): Commissural projections of the cortical hand motor area in monkeys. *Journal of Comparative Neurology* 188, 1, 137-145

Klingberg, T. & P.E. Roland (1997): Interference between two concurrent tasks is associated with activation of overlapping fields in the cortex. *Cognitive brain research* 6, 1-8

Kolb, B. & I.Q. Whishaw (2009): *Fundamentals of human neuropsychology*. 6. utgave. United States of America, Freeman and Company

Low, K.A., E.E. Leaver, A.F. Kramer, M. Fabiani & G. Gratton (2009): Share or compete? Load-dependent recruitment of prefrontal cortex during dual-task performance. *Psychophysiology* 46, 1069-1079

Magill, R.A. (2011): *Motor learning and control – concepts and applications*. 9. utgave. New York, McGraw-Hill

Oldfield, R.C. (1971): The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 1, 97-113

Pandya, D.N. & L.A. Vignolo (1971): Intra- and interhemispheric projections of the precentral. *Brain Research* 26, 2, 217-233

Rémy, F., N. Wenderoth, K. Lipkens & S.P. Swinnen (2010): Dual-task interference during initial learning of a new motor task results from competition for the same brain areas. *Neuropsychologia* 48, 2517-2527

Pierrot-Deseilligny, E. & D. Burke (2005): *The Circuitry of the Human Spinal Cord*. Cambridge, UK. Cambridge University Press

Sand, O., Ø.V. Sjaastad, E. Haug & J.G. Bjålie (2006): *Menneskekroppen – fysiologi og anatomi*. Oslo, Gyldendal Norsk Forlag AS

Simoni, D., G. Rubbieri, M. Baccini, L. Rinaldi, D. Becheri, T. Forconi, E. Mossello, S. Zanieri, N. Marchionni & M. Di Bari (2013): Different motor tasks impact differently on cognitive performance of older persons during dual task tests. *Clinical Biomechanics* 28, 692-696

Sternberg, R.J. & K. Sternberg (2012): *Cognitive Psychology*. USA, Wadsworth cengage learning

Thomas, J.R., J.K. Nelson & S.J. Silverman (2011): *Research methods in physical activity*. United States of America, Human Kinetics

Vangheluwe, S., V. Puttemans, N. Wenderoth, M. Van Baelen & S.P. Swinnen. (2004): Inter- and intralimb transfer of bimanual task: generalisability of limb dissociation. *Behavioural brain research* 154, 535-547

7. Etterord

Jeg vil rette en stor takk til mine veiledere professor Rolf P. Ingvaldsen og førstelektor Tore Kristian Aune for god veiledning gjennom hele masteroppgaven. Jeg ønsker også å takke forsøkspersonene for deres deltagelse og engasjement.