



Kjønnsforskjeller i mental rotasjon: Effekt av generell intelligens i utnyttelse av strategier

PSY-2901

Bjørn-Eivind Seljelid Bordewick Kirsebom

Veileder: Susanne Wiking

Hovedoppgave i profesjonsstudiet i psykologi

Det helsevitenskaplige fakultet – Institutt for psykologi

Universitetet i Tromsø

Våren 2013

Forord

Veien til denne hovedoppgaven startet allerede tilbake i 2009 da jeg i forbindelse med en semesteroppgave ble introdusert for kjønnsforskjeller i mental rotasjon. Etter hvert som tiden gikk vokste interessen for feltet, og etter fem år med mentale rotasjoner har man faktisk testet over 600 deltakere! Mye av interessen for feltet har jeg å takke veilederen min, Susanne Wiking for. Det er ikke uten grunn at jeg med tiden tildelte henne kallenavnet «visuospatial-Wiking»! Hun har stilt opp til alle tider og løst alle slags problemer over årene. Og selv om veiledningene på hennes kontor som regel starter med en times kaffeslubber før fag diskuteres, føler jeg alltid at mine spørsmål er besvart når jeg går ut derfra.

I tillegg til å ha fått mye hjelp, har Susanne også inspirert meg faglig. Gjennom utformingen av denne oppgaven har vi oppdaget flere interessante aspekter som det hadde vært morsomt å se nærmere på. Derfor har vi også avtalt å fortsette på et nytt prosjekt sammen selv etter at jeg er ferdig på studiet.

Til sist ønsker jeg å rette en takk til Jonas Møller og Cathrine Høien fra kull 11. I forbindelse med en semesteroppgave utformet de testprosedyren for Ravens-testen benyttet i dette studiet. I tillegg utførte de Ravens-test på 28 av deltakerne som inkluderes i denne oppgaven.



Bjørn-Eivind S. B. Kirsebom

Student



Susanne Wiking

Veileder

Abstrakt

Flere studier har avdekket kjønnsforskjeller i mental rotasjon. Med utgangspunkt i studier som indikerer at kvinner benytter mindre effektive løsningsstrategier enn menn, tok denne oppgaven for seg en hypotese om at ulik effektivitet i informasjonsbehandling, målt av *g*-faktoren i intelligens, kan påvirke nytteeffekten av kjønnsrelaterte løsningsstrategier. Tester inkludert var mental rotasjonstest (MRT), selvrapportert strategibruk i forhold til MRT samt mål av *g*-faktor ved bruk av Ravens Advanced Progressive Matrices (RAPM). Resultatene viste en robust kjønnsforskjell på MRT i favør av menn. Det ble påvist at *g*-faktor predikerte mer enn kjønn på MRT prestasjoner. Videre predikerte *g*-faktor like mye for begge kjønn, hvilket indikerer at mental rotasjon beror på andre spesifikke faktorer uberørt av *g*. Analyse av strategiene viste at menn hadde nytteeffekt av holistisk rotasjon. Denne effekten ble ikke funnet for kvinner. Oppgaven diskuterer muligheten for at prestasjon på MRT er understøttet av effektiv informasjonsbehandling for begge kjønn. Kjønnsforskjellen på MRT kan være understøttet av hjernestrukturelle og funksjonelle forskjeller. I relasjon til dette argumenteres det for at kjønnsrelaterte strategier kan reflektere de ulike måter menn og kvinner representerer visuelle stimuli. I tillegg foreslås det at strategiene aktiveres automatisk fremfor å velges gitt ulike nevralt forutsetninger for menn og kvinner.

Bakgrunn for oppgaven

Individuelle forskjeller mellom mennesker eksisterer på tvers av mange ulike domener. Fra fysiske mål slik som høyde og vekt til forskjeller innen personlighet og mentale kapasiteter slik som evne til læring, hukommelse eller språkferdigheter. Relatert til spørsmålet om individuelle forskjeller eksisterer det også antakelser om kjønnsforskjeller, både fysiske og mentale. Slike spørsmål har vært, og er enda sentrale spørsmål i både private og offentlige rom. På mange plan påvirkes oppfatninger av menns og kvinners respektive styrker og svakheter måten samfunnet organiseres på - både sosialt, praktisk og lovmessig. Sett bort fra tydelige utvendige kjønnskarakteristika, og sentralt for den gjeldende oppgaven, eksisterer det ulike oppfatninger av kjønnsforskjeller innen mentale kapasiteter. Denne oppgaven vil presentere en studie innen individuelle forskjeller på visuospatiale/spatiale evner.

Visuospatiale evner er et domene innen kognitiv fungering sentralt i menneskers liv, hvor forskning har påvist signifikante kjønnsforskjeller som generelt tenderer å favorisere menn (Halpern, 2000). Oppgaven vil søke å kaste lys på observerte kjønnsforskjeller innen underdomene av spatiale evner som angår evnen til mentalt å rotere objekter. Forskning på mental rotasjon tyder på at kvinner og menn benytter ulike strategier i utføringen av denne oppgaven, og at dette også er reflektert i hjerneavbildningsstudier på mental rotasjon. Denne oppgaven søker å undersøke om generell intelligens kan påvirke effekt av strategi og følgelig bidra til å forklare noen av de observerte kjønnsforskjellene.

Innledningen til denne oppgaven er organisert i to separate deler, en del om visuospatiale evner, samt en del om generell intelligens. Første del vil innledningsvis redegjøre for relevant forskning innen området visuospatiale evner. Videre vil det fokuseres på observerte kjønnsforskjeller innen mental rotasjon, samt forskning relatert til dette, for så å avrunde med et relevant spørsmål i lys av den presenterte forskningen. Deretter vil oppgaven redegjøre for definisjon av intelligens, *g*-faktor, samt gi en kort innføring til kjønnsforskjeller i intelligens. Videre vil det fokuseres på kognitive og biologiske forklaringer til generell intelligens. Til sist i innledningen, vil det presenterte materialet oppsummeres i lys av de hypoteser denne oppgaven postulerer, samt redegjøre for forventninger i forhold til resultater.

Hva er visuospatiale, eller spatiale, evner?

Begrepet «visuospatiale» eller spatiale evner gir kanskje ikke mye mening til mennesker som ikke er innvidd innenfor feltet av kognitiv psykologi. Begrepet er heller ikke så lett å definere, da det ikke referer til en enkeltstående evne. Linn & Petersen (1985) gir denne definisjonen: «Spatiale evner refererer generelt til evner i å representere, transformere, generere og gjenhente symbolsk, ikke-verbal informasjon» (s. 1482). Lohman (1996) definerer spatiale evner som «evnen til å generere, beholde, gjenhente og transformere velstrukturerte visuelle bilder» (s. 98). Halpern & Collear (2005) definerer visuospatial i forhold til informasjon som i utgangspunktet sanses/persiperes visuelt og som innehar spatiale egenskaper. En kan også, av praktisk nødvendighet, snakke om visuospatial tenkning generelt. Evnen til å navigere gjennom en by, generere et tre-dimensjonalt mentalt bilde av et hus, bedømme avstander, forstå komplekse sammenhenger mellom objekter i tid og rom er alle oppgaver, eller aktiviteter, som krever visuospatial tenkning (Shah & Miyake, 2005). Evne til slik tenkning har stor innflytelse på ulike områder av vår daglige fungering, fra å spille fotball med venner til valg av skole eller yrkesvalg. Flere områder innen vitenskap, slik som fysikk og matematikk, setter høye krav til visuospatial kompetanse. Også visse yrker, eksempelvis kirurg, arkitekt eller pilot, krever alle en høyere grad av visuospatial kompetanse (Halpern & Collear, 2005).

Spatiale evner innehar en sentral rolle i mål av generelle kognitive evner. Mye av forskningen på menneskers mentale evner har stadfestet at spatiale evner, sammen med verbale evner forklarer mest av variansen delt mellom større testbatterier av kognitiv fungering. Således er mange av testene ment å måle spatiale evner, slik som eksempelvis terningmønster, inkludert i nåværende tester av ikke-verbal intelligens (Jancke & Jordan, 2007). Videre har flere faktoranalytiske studier vist at spatiale evner ikke er en enkeltstående uddifferensiert evne, men består av flere separate evner som benyttes i ulik grad i forskjellige oppgaver (Jancke & Jordan, 2007; Hegarty & Waller, 2005; Voyer, et al., 1995). Til tross for slike antakelser, har man vært mer delt når det gjelder antallet spatiale evner (Cherney & Collear, 2005). Likevel er de fleste innen feltet enige om at visuospatiale evner inkluderer minst 5 relaterte ferdigheter: (1) spatial persepsjon, (2) mental rotasjon, (3) spatial visualisering, (4) spatio-temporale evner, samt (5) generering og vedlikeholdelse av spatiale bilder i visuospatialt arbeidsminne (Halpern, 2000).

Individuelle forskjeller i spatiale evner.

I tillegg til enigheten om at visuospatiale evner består av ulike underdomener av fungering, har psykometrisk forskning avdekket at mennesker også er forskjellige i forhold til kompetanse innen disse domenene. Sentralt innen slik forskning har vært å undersøke hvilke kognitive prosesser som benyttes når mennesker utfører spatiale oppgaver. Forskning innen dette området har grovt sett generert fire hypoteser. Samtlige hypoteser postulerer at individuelle forskjeller avhenger av (a) den enkeltes prosesseringshastighet, spesielt i forhold til analoge transformasjoner (mental rotasjon), (b) kvaliteten av mentale-spatiale bilder, (c) aktiv vedlikeholdelse og manipulasjon av spatialinformasjon i arbeidsminne, samt (d) fleksibilitet i bruk av tilgjengelige strategier for oppgaveløsning (Hegarty & Waller, 2005; Lohman, 1996).

Lohman (1996) summerer en gjennomgang av disse forskningshypotesene. En mye studert hypotese er antakelse om viktighet av prosesseringshastighet. Dette har vært spesielt studert i forhold til mentale rotasjoner med utgangspunkt i en observasjon gjort av Shepard & Metzler (1971). De observerte at det forelå en lineær forbindelse mellom tiden det tok å mentalt rotere et objekt for sammenligning, og graden teststimuli var roterte. Således foreslo forfatterne at mental rotasjon er en analog transformasjonsprosess. I relasjon til dette har Just & Carpenter (1985) studert de kognitive prosessene individer gjør under mental rotasjon og postulerte en 3-prosessedmodell på dette; (1) søk etter tilsvarende objekter, (2) transformasjon (mental rotasjon) og sammenligning, samt (3) bekreftelse. Ved bruk av denne 3-prosessedmodellen, kan en lett kalkulere tidsbruk av rotasjon i forhold til stimuli-kompleksitet, vanskelighet av oppgaven og individuelle forskjeller. Prosesseringshastighet som forklaring av individuelle forskjeller har i senere studier mottatt mindre støtte. Nyere funn tyder heller på at mengden informasjon som kan holdes i minne, og dermed holdes tilgjengelig for rotasjon, er viktigere. Hvilket vil implisere viktighet av kapasitet i visuospatialt arbeidsminne, så vel som effektiv benyttelse av eksekutive funksjoner i forhold til transformasjon av stimuli (Lohman, 1996). I tillegg har forskning på individer med særskilt høy eller lav spatial testprestasjon avdekket forskjeller i forhold til måten stimuli representeres mentalt. Funnene kan også tyde på at det ikke er total minnekapasitet som er avgjørende, men heller evne til å generere velstrukturerte mentale bilder. De med lave testprestasjoner synes å ha vansker med å konstruere systematisk strukturerte mentale bilder. De som presterer høyt derimot, synes å ha evnen til å generere bilder av slik kvalitet at de kan holistisk sammenlignes med teststimuli. Denne distinksjonen i bildekvalitet har vært mest evident når individer av spesielt

lave og høye testprestasjoner sammenlignes (Lohman, 1988). I tillegg til forskjeller i arbeidsminnekapasitet og kvalitet på bilder, er det mye forskning som har påpekt at spatiale oppgaver kan løses på forskjellige måter, noe som vil implisere at forskjeller i evnenivå kan bero på valg av effektive strategier, så vel som evne til fleksibelt å veksle mellom disse.

I mental rotasjon finnes det flere studier som indikerer at mennesker løser slike oppgaver på forskjellige måter. Bethel-Fox & Shepard (1988) observerte at selv om det eksisterte en treningseffekt i mental rotasjon, så var det en gruppe deltakere som likevel fortsatte å ha vansker med oppgaven, spesielt når stimuli økte i kompleksitet. Forfatterne argumenterte for at enkelte deltakere ikke roterte hele figuren mentalt, men heller benyttet seg av delvis/stykkvis rotasjon, og at dette reflekterte forskjeller i testprestasjon, spesielt når kompleksiteten av stimuli var høy. Peters, et al. (1995) spurte deltakerne i sin studie hvilke strategier de benyttet under mental rotasjon. Denne studien fant at deltakere som rapporterte å benytte en verbal strategi presterte dårligere enn de som benyttet en ikke-verbal strategi. I tillegg valgte signifikant flere kvinner enn menn den verbale strategien. I delvis støtte til Bethel-Fox & Shepard (1988), fant også Peters et al. (1995) positiv effekt av strategi for de som rapporterte å rotere hele figuren, mot de som fortalte å rotere deler av figuren. Men denne effekten gjaldt kun for menn. For kvinner var det ingen prestasjonsforskjell knyttet til strategivalg.

Kjønnsforskjeller og mental rotasjon

Studier av individuelle forskjeller har også avdekket kjønnsforskjeller. Ikke alle tester viser en kjønnsforskjell, men der det er påvist er det som oftest i menns favør (Halpern, 2000). Denne oppgaven fokuserer spesielt på mental rotasjon grunnet dens sentrale rolle i forskning på kjønnsforskjeller innen spatiale ferdigheter. En meta-analyse av Voyer et al. (1995) som inkluderte nesten 50 års forskning innen feltet konkluderte med at den observerte kjønnsforskjellen spesielt, men ikke utelukkende, reflekteres i oppgaver hvor deltakere må mentalt rotere objekter. Forfatterne trakk spesielt frem Vandenberg & Kuse's (1978) Mentale rotasjonstest (MRT). Denne testen utføres ved at en må mentalt rotere tre-dimensjonale figurer for å matche/finne figurer som samsvarer med et målobjekt. Testen produserte de mest robuste kjønnsforskjellene med effektstørrelser fra $d = .60$ til over $d = 1.10$. Gitt disse funn, anbefalte forfatterne at videre forskning på kjønnsforskjeller innen spatiale evner fokuserer på mental rotasjonstest i avdekkingen av årsaksfaktorene som fører til de observerte

kjønnsforskjellene. Mye forskning har blitt viet til studier av kjønnsforskjell i mentale rotasjoner, men til tross for dette, er den enda ikke fullstendig forstått (Titze, Heil & Jansen, 2008). De foreslåtte forklaringene på forskjellen har vært av psykososial art slik som stereotype-trussel (Moè & Pazzaglia, 2006), nevro-biologiske slik som kjønnshormoners påvirkning på spatial kognisjon (Berenbaum et al., 2012), hjernefunksjonelle og strukturelle årsaker slik som cerebral lateralisering (Jäncke & Jordan 2007; Johnson et al., 2002), samt kognitive, slik som bruk av strategier (Peters et al., 1995). Alle har mottatt en viss empirisk støtte. Denne oppgaven vil fokusere på funn i de to sistnevnte kategorier. I forrige avsnitt ble studier av ulik strategivalg i forhold til individuelle prestasjoner på mental rotasjon presentert. Studier av strategibenyttelse har spesielt avdekket forskjeller mellom kjønn i strategivalg, så vel som nytte av strategi. Herunder har menn større utbytte av holistisk rotasjon av objektet, mens kvinners bruk av strategi ikke utgjør noen forskjell for prestasjonene på mental rotasjon (Peters et al., 1995). Denne generelle strategidistinksjonen har vært mellom verbal-analytisk og analog-holistisk strategi. I forhold til dette, er det antatt at menn foretrekker å benytte den mer effektive holistiske strategien, mens kvinner synes å foretrekke en mindre effektiv, verbal-analytisk, eller delvis/stykkevis roteringsstrategi (Jäncke & Jordan 2007). Således er det sannsynlig at strategibruk er av større betydning for observerte kjønnsforskjeller.

Av like viktig betydning for en forklaring er struktur og funksjon i hjernen relatert til observerte kjønnsforskjeller i mental rotasjon. Det har derfor vært utført flere hjerneavbildningsstudier i form av fMRI (functional magnetic resonance imaging). Slike studier har generelt vist at både menn og kvinner aktiverer regioner i prefrontal, parietal og temporal-oksipital korteks under mental rotasjon (Butler et al., 2006; Jäncke & Jordan, 2007). En fMRI-studie av Koshino et al. (2005) identifiserte en tre-faktor struktur av et større, overordnet kortikalt nettverk som benyttes under mental rotasjon. Nettverket bestod av (1) eksekutivt kontrollnettverk som primært bestod av frontal-kortikale regioner, (2) et spatialt informasjons-prosesseringsnettverk som hovedsakelig aktiverte parietale områder, samt (3) et laverestående visuelt nettverk for objekt-identifisering som benyttet oksipitale og noen ganger inferior-temporale regioner. Kompleksitet av stimuli, med andre ord, økt vanskelighetsgrad på rotasjonsoppgaven, førte til at større deler av nettverket ble aktivert. Det er også påvist kjønnsforskjeller i nevralt aktivering innen nevnte systemer under mental rotasjon. I en fMRI-studie av Thomsen et al. (2000) ble det påvist at menn hadde større aktiveringer i parietal-korteks mens kvinner viste større aktivering i inferior-frontal korteks. Forfatterne argumenterte for at dette kunne reflektere en kjønnsbasert forskjell i bruk av strategi, og at menn brukte en «gestalt» (holistisk) strategi, mens kvinner benytter en «seriell»

resonneringsstrategi. Et lignende fMRI-studie av Butler et al. (2006) fant at kvinner utviste en større aktivering i dorsomedial-prefrontal korteks samt andre «høyere» funksjonsområder assosiert med en mer anstrengende «top-down» prosess under mental rotasjon. I kontrast benyttet menn seg i større grad av regioner forbundet med implisitt læring slik som basal ganglia, og andre områder assosiert med en mer automatisk «bottom-up» prosess. Samlet kan disse resultatene peke i retning av biologisk baserte forskjeller i hvordan menn og kvinner prosesserer visuospatial informasjon.

Kjønnsforskjellene i prestasjon på mentale rotasjoner er basert på gjennomsnittsforskjeller, hvilket betyr at kvinner også kan fremvise fremragende resultater på mentale rotasjonstester (Halpern & Collear, 2005). Derfor er det mulig at kjønnsforskjeller i kortikal aktivering kan påvirkes av prestasjon i nevralt system. Jordan et al. (2002) så på forskjellen i nevralt aktivering hos menn og kvinner med *like* prestasjoner på mentale rotasjonstester for å avdekke likheter eller forskjeller i nevralt aktivering. I tråd med andre funn, viste resultatene også her kjønnsforskjeller i aktiveringsmønster uten at dette tilsynelatende har påvirket prestasjon på oppgavene. Kjønnsforskjellene observert i nevralt aktivering kan således reflektere forskjellige kognitive strategier med en mer analytisk strategi hos kvinner og en mer visuell eller bevegelsesorientert strategi hos menn (Jäncke & Jordan, 2007).

Funksjonelle MRI-studier beskrevet ovenfor, sammen med studier av ulike strategibruk, kan peke i retning av at menn og kvinner benytter forskjellige strategier, enten automatisk eller bevisst, i løsningen av mentale rotasjonsoppgaver. Funnene synes å indikere at kvinner benytter en mindre effektiv strategi. I tillegg synes kvinner og menn med like prestasjoner på mentale rotasjoner like fullt å benytte samme kjønns spesifiske nevralt aktivering under mentale rotasjoner. Om kvinner og menn generelt benytter forskjellige kognitive strategier reflektert av ulike nevralt aktivering, er det da mulig at en annen underliggende prosess medierer prestasjonen på mentale rotasjoner? Hvorvidt kvinner og menn klarer å utnytte sine respektive strategier i løsning av visuospatiale oppgaver kan bero på effektiviteten av systemet strategiene benyttes i. Et godt utgangspunkt for undersøkelse av denne hypotesen, som ikke har vært testet i tidligere forskning, er å se på observerte kjønnsforskjeller i relasjon til *g*-faktor i intelligens.

Intelligens, G-faktor og ideen om et «smartere kjønn»

Først er det viktig å notere et par forskjeller mellom begrepet og konseptet intelligens og *g*-faktor i intelligensforskning. Intelligens er en åpen kategori for alle de mentale prosesser som vi anser som kognitive. Herunder: stimulusforståelse, persepsjon, oppmerksomhet, diskriminering, generalisering, ulike former for læring, kort- og langtidsminne, slutningstagning, tenkning, relasjonell, induktiv og deduktiv resonering, problemløsning generelt, samt språk. I denne kontekst er *g*-faktor noe annet. Denne faktoren reflekterer individuelle forskjeller i prestasjon, eller ytelse på tester eller oppgaver som involverer hvilken som helst, eller flere, av de prosessene nettopp nevnt i relasjon til intelligens (Jensen, 2002).

I forhold til dette, er det av verdi å utrede hva *g*-faktor er, og hvor den blir funnet. *G*-faktor, også ofte omtalt kun som «*g*» er et konsept utformet av Spearman etter at han i 1904 forsket på sammenhengen mellom elevs prestasjoner i ulike skolefag slik som matematikk, engelsk, fransk og musikk. Spearman sammenlignet alle prestasjonene med hverandre og oppdaget at samtlige korrelerte med hverandre. Ikke alle tester korrelerte like mye med hverandre og de syntes å forme et «hierarki» av korrelasjoner. Når Spearman kalkulerte prestasjonskorrelasjonene mot hverandre oppdaget han at disse gjennomsnittlig delte rundt $r = 0,5$. Spearman foreslo en 2-faktor teori for å forklare sine funn. Han mente at hver skoleprestasjon representerte en spesifikk faktor, eller spesifikk evne og i tillegg opererte det, til en større eller mindre grad, en generell faktor som er felles for alle prestasjonene på skolen. Spearman kalte sistnevnte faktor for generell intelligens, eller «*g*», som ifølge Spearman vil forklare hvorfor alle prestasjonene korrelerte med hverandre. Spearman foreslo videre at «*g*» reflekterer en generell kognitiv evne som benyttes i enhver kognitiv oppgave (Mackintosh, 2011).

Forskning frem til nå har demonstrert at forskjellige kognitive evner generelt korrelerer positivt med hverandre, hvilket betyr at dersom en gjør det godt i ett domene av kognitiv fungering, er det sannsynlig at en også vil gjøre det bra i andre domener. I et typisk testbatteri av 10 – 15 forskjellige kognitive tester, skyldes omlag 40 % av variansen mellom testene en generell faktor, eller «*g*». Videre består mellom 20 – 50 % av den totale variansen av faktorer ikke relatert til testene, slik som humør, dagsform o.l. I tillegg produseres en del systematisk varians som reflekterer de spesifikke kognitive evnene som måles i hver test (Deary, et al., 2010). Av den grunn, blir ofte begrepet intelligens benyttet synonymt med *g*-faktoren i intelligens, og er ifølge Detterman, (2002) et av de best etablerte konseptene i samfunnsvitenskapen. Når generell intelligens skal måles, kan forskjellige typer

intelligenstester benyttes. Slike tester består generelt av enten komplekse oppgaver som involverer forskjellige aspekter av resonnering, slik som Ravens Progressive matriser, eller større testbatterier som krever forskjellige former for kognitive evner. Som eksempel kan nevnes ordforståelse eller visualisering av tre-dimensjonale objekter fra to-dimensjonale diagrammer (Deary et al., 2010; Urbina, 2011). Felles for alle slike intelligenstester, enten ved enhetlige enkeltoppgaver eller komplekse mangesidige oppgaver, er at testene korrelerer med hverandre og genererer en sterk generell faktor når en tester større populasjoner (Deary et al., 2010).

Da denne oppgaven fokuserer primært på kjønnsforskjeller innen kognitiv domene av visuospatiale evner, er det av betydning å inkludere en kort diskusjon om kjønnsforskjeller innen kognitive evner i relasjon til observert *g*-faktor. Først er det viktig å understreke at selv om det er funnet påvisbare kjønnsforskjeller mellom enkelte domener av kognitiv fungering, er det ikke funnet påvisbare forskjeller i generell intelligens mellom menn og kvinner. Studier har vist at kvinner gjør det gjennomsnittlig bedre på tester av språkproduksjon, ordflyt, samt minne av ord objekter og steder. Menn på sin side synes å være bedre på matematisk problemløsning, verbale analogier og ulike domener av visuospatial prosessering, inkludert mental rotasjon (Halpern, 2000). Faktoranalytiske studier av kognitiv testing har avslørt hvilke komponenter som bidrar mest til generell intelligens. Disse er resonnering, spatiale evner, minne, prosesseringshastighet og språkferdigheter (Deary et al., 2010). Disse komponentene er også representert i utvalget av kognitive tester som utgjør de observerte kjønnsforskjellene. Hvor kvinner og menn presterer forskjellig innenfor enkelte komponenter i generell intelligens, utgjør det likevel ikke en statistisk forskjell i forhold til oppnådd kvantifiserbar generell intelligens (Halpern, 2000). I tillegg er det verdt å notere at de avdekkede kjønnsforskjellene reflekterer gjennomsnittsforskjeller. Altså kan både kvinner og menn individuelt prestere fremragende på oppgaver hvor en gjennomsnittlig kjønnsforskjell eksisterer. Det vil si at selv om kjønnsforskjeller eksisterer på tvers av mange kognitive oppgaver, gir ikke dette støtte til ideen om et «smartere kjønn».

Hva er G-faktor?

Selv om forskning på kognitive evner konsistent har påvist en statistisk tilstedeværelse av *g*-faktor mellom kognitive tester og således er godt empirisk definert, er det ikke av den grunn endelig avklart hva *g*-faktoren skyldes. Derfor er ikke nødvendigvis *g*-faktor like godt teoretisk definert. I følge Detterman, (2002) faller foreslåtte forklaringshypoteser for *g*-faktor i to overordnede kategorier. (1) Kognitive forklaringer og (2) Forklaringer fundert i hjernefunksjonalitet.

Kognitive evner og prosesser. Detterman, (2002) mener at det finnes gode argumenter for at grunnleggende kognitive evner understøtter, og predikerer *g*-faktoren. Grunnleggende evner slik som minne, oppmerksomhet og persepsjon er vist i flere studier å predikere generell læring i eksperimentelle situasjoner. Det finnes også en sterk genetisk base for utvikling av individuelle kognitive evner. Arveligheten av generell intelligens er vist å være rundt 30 % i tidlig barndom, og øke til så mye som 70 – 80 % i voksen alder (Deary et al., 2010). Av kognitive hypoteser har det ifølge Detterman, (2002) vært tre forklaringskandidater, nemlig at *g*-faktor skyldes (1) en enkel kognitiv prosess, (2) flere uavhengige kognitive prosesser, eller (3) relasjoner mellom prosessene innen det kognitive systemet. En mye studert kandidat til den første hypotesen er prosesseringshastighet, ofte målt ved bruk av reaksjonstid. Dette har påvist en viss sammenheng til *g* med korrelasjoner i de fleste studier på rundt $r = .30$ (Detterman, 2002; Nettelbeck, 2011). Relatert til mål på prosesseringshastighet er mål av prosesserings effektivitet hvor både hastighet og nøyaktighet faktorerer inn. Her er sammenhengen større, med korrelasjonene opp mot $r = 0.60$ (Bates & Stough, 1998).

Et annet kognitivt konsept som har fått mye oppmerksomhet er arbeidsminne. En studie av Kyllonen & Christal, (1990) benyttet flere forskjellige mål av arbeidsminnekapasitet. De fant korrelasjoner mellom $r = .80$ til $r = .88$ mellom arbeidsminnekapasitet og *g*-faktoren. Modellen forfatterne foreslår baserer seg på en mental arkitektur av informasjonsprosessering som i tillegg til mål av arbeidsminnekapasitet inkluderer faktorer av generell kunnskap, prosesseringshastighet og læringsevne. Forfatterne fant i sitt studie at ingen av de andre faktorene korrelerte med *g* etter at effekten av arbeidsminnekapasitet var tatt ut av ligningen, men at disse faktorene innbyrdes var til en viss grad relatert til arbeidsminnefunksjoner. Arbeidsminnekapasitet kan således være tilstrekkelig til å forklare *g*-faktoren observert mellom kognitive tester. Til tross for disse lovende funnene har det eksistert innvendinger mot denne hypotesen grunnet måten tester av

arbeidsminnet har blitt operasjonalisert på. Tester av arbeidsminne er ofte like så komplekse som standardiserte intelligens tester. På tester med lavere kompleksitet, er relasjonen til *g*-faktor også lavere. Samlet kan dette bety at mål av arbeidsminne kan inkludere flere prosesser relatert til *g*-faktor, som ikke nødvendigvis utelukkende er relatert til arbeidsminne (Kyllonen, 2002; Detterman, 2002). Til tross for dette er arbeidsminnekapasitetens relasjon til *g* trolig av stor interesse for fremtidig forskning (Deary, 2002).

En annen hypotese postulerer at multiple uavhengige kognitive prosesser, til sammen utgjør og forklarer *g*-faktor. Kranzler & Jensen (1991) gjennomførte en studie som indikerte at testresultater på elementære kognitive oppgaver til sammen utgjorde så mange som 4 separate faktorer som til sammen utgjør den observerte *g*-faktoren. Modellen benyttet i studien forklarte så mye som 70 % av den genotypiske variansen. Til tross for dette var det ikke fullt forstått hva disse faktorene hver for seg representerer, men forfatterne argumenterte like fullt for at *g* ikke kan forklares av en enkelt kognitiv prosess. En siste forklaringsmodell søker å se på *g* i forhold til relasjoner mellom prosesser i det kognitive systemet. Detterman (1987) foreslo en systemteori av generell intelligens som antar at kognitive komponenter er uavhengige, men integrert inn i et interaktivt system med høy grad av «helhet». Ifølge teorien vil enkelte prosesser være mer perifere mens andre igjen vil være mer sentrale til systemets fungering. I forhold til dette foreslo Detterman at *g* oppstår av systemsvikt i en eller flere sentrale prosesser, slik at skader/svakheter her vil resultere i generelt lavere effektivitet i hele systemet. Således vil mennesker med skader eller svakheter i sentrale prosesser skåre mer likt (fordi hele systemet er redusert) mellom kognitive oppgaver enn mennesker med sterke/uskadde sentrale prosesser. Med andre ord, vil en ifølge denne teorien forvente å finne høyere korrelasjoner mellom elementære kognitive oppgaver hos mennesker med lav IQ enn de med høy IQ. Detterman & Daniel (1989) testet ut denne hypotesen ved å dele distribusjonen av testskårer i 5 like deler som reflekterer spekteret fra lav til høy IQ. Forfatterne fant opptil dobbelt så høye korrelasjoner hos individer med lav IQ enn hos de med høy IQ. Disse funn gir støtte til ideen om at årsaken av *g*-faktor ikke er å finne i enkeltprosesser, men er heller å finne i relasjoner mellom de defekte prosessene og hele systemet.

Betraktninger av kognitiv teori er fundert i antakelser om isomorfe egenskaper i hjernen. Derfor er det viktig å undersøke til hvilken utstrekning slike antakelser sammenfaller med strukturelle og funksjonelle forhold i hjernen. Neste avsnitt vil derfor betrakte intelligens i forhold til funn fra kognitiv nevrovitenskap.

Nevrobiologisk teori og empiri. Over årene er det postulert to rådende hypoteser til hvordan hjernebiologi gir opphav til forskjeller i *g*-faktor i intelligens. Den første omhandler hypotese om nevralt effektivitet, den andre teori om at enkelte hjerneområder bidrar mer enn andre i uttrykkelsen av generell intelligens. En av de første til å undersøke førstnevnte hypotese var Haier (1988). Han benyttet PET (Positron Emission Tomography) til å observere hvilke hjerneområder som var mest effektive når deltakere utførte Ravens Advanced Progressive Matrices (RAPM); en vanlig test av ikke-verbal abstrakt resonnering som er kjent for å lade høyt på psykometrisk *g* (Deary et al., 2010; Gray & Thompson, 2004). Selv om det i denne studien ikke ble avdekket noe sikkert i forhold til hjerneområder, ble det avdekket at deltakere som oppnådde de høyeste testskårer på RAPM også viste den laveste hjerneaktiviteten. Med andre ord benyttet mer intelligente hjerner mindre energi enn mindre intelligente hjerner. Denne studien indikerer således at nevralt effektivitet er en nøkkelkomponent i utførelsen av oppgaver relatert til *g*. Disse funnene er også replisert i flere studier etter dette. For en mer utfyllende gjennomgang av disse, se Haier (2011).

Den andre forklaringen beror på en teori om at det ikke finnes et fokusert sted eller modul i hjernen som alene medierer intelligens, men at intelligens produseres av ett nettverk bestående av frontale og parietale hjerneområder. Modellen har fått navnet «Parieto-frontal integration theory (P-FIT)». P-FIT ble først presentert i en review-artikkel av Jung & Haier (2007) som summerer 37 studier av funksjonell hjerneavbildning relatert til intelligens fra 1988 – 2007. P-FIT kan karakteriseres som 4 stadier av informasjonsprosessering: (1) temporale og oksipitale områder bearbeider sensorisk informasjon, (2) integrering og abstraksjon av sensorisk informasjon av parietale områder, (3) interaksjon med frontal-lappen i problemløsning, evaluering og hypotesetesting, og til sist (4) impliseres anterior cingulate i seleksjon av en respons, samt inhibering av alternative responser. Forfatterne postulerer at denne modellen av nevralt aktivering er felles for de kognitive operasjoner som er relatert til intelligens. Individuelle forskjeller i *g* kan reflekteres i ulike mønstre av aktivering i P-FIT områder, og i forskjeller i hvitmaterie (nervefibrer) som forbinder disse områdene.

Etter publiseringen av Jung & Haier's (2007) gjennomgang av P-FIT, har det blitt publisert studier som indikerer større grad av funksjonell kobling mellom assosierte områder i P-FIT, spesielt frontale og parietale, hos individer med høyere IQ (Neubauer & Fink, 2009). Disse og lignende studier indikerer at både nevralt effektivitet og effektivitet i nevralt nettverk er assosiert med utføringen av kognitive oppgaver relatert til generell intelligens (Haier, 2011).

Et annet funn av relevans for denne oppgaven, er observerte kjønnsforskjeller i

nevroanatomisk relatert til IQ. Haier et al. (2005) fant at de hjerneområder som er relatert til IQ er annerledes for menn enn for kvinner, med menn mer prominent i parietale områder, mens kvinner har bedre utviklede frontale områder. Like fullt er det ikke dokumentert forskjeller i generell intelligens. Dette kan indikere at evolusjon har produsert to forskjellige hjernearkitekturer som er like adaptive for intelligens (Haier, 2011). Nevnte funn synes å sammenfalle med funn i fMRI-studier på mental rotasjon hvor kvinner benytter mer frontale områder og menn benytter mer parietale (Butler et al., 2006; Jordan et al., 2002; Thomsen et al., 2000).

Mulig rolle av ulik effektivitet i utnyttelse av kjønnsrelatert rotasjonsstrategi

Som det fremkommer gjennom denne oppgaven, finnes det klare forbindelser mellom *g*-faktoren og kognitive tester som måler spatiale evner. Til tross for ekvivalent intellektuell kapasitet hos kvinner og menn, eksisterer det like fullt kjønnsforskjeller i enkelte kognitive domener. Denne oppgaven ønsker å se om kjønnsforskjellen observert i mental rotasjon kan sees i relasjon med generell intelligens med hypotese om at prestasjon på mental rotasjon er styrt av (a) en kjønns spesifikk strategibenyttelse, hvor menn benytter en mer effektiv strategi, som også er (b) understøttet av ulik effektivitet av informasjonsbehandling, målt av *g*-faktor. Ut fra en slik hypotese er det forventet at kvinner vil utvise større sammenheng mellom test av mental rotasjon og psykometrisk *g* enn menn gitt antakelse om mindre effektiv strategibruk hos kvinner enn hos menn. Kvinner med høyere intellektuell kapasitet vil således kunne kompensere for strategibruk ved at de bedre/mer effektivt kan benytte den mer krevende strategien under mentale rotasjoner. Basert på antakelse av ekvivalent intellektuell kapasitet, er det ikke forventet å finne kjønnsforskjeller i mål av psykometrisk *g*.

I relasjon til overnevnte hypotese, er det også viktig å undersøke Detterman's (1987) antakelse om at *g*-faktoren ikke er en generell kognitiv ressurs, men heller er resultat av en systemsvikt i sentral kognitiv prosess. I lys av annen forskning presentert i denne oppgaven, forventes det ikke å finne støtte for denne hypotesen.

Prestasjon på mentale rotasjoner vil måles ved bruk av en mental rotasjonstest (MRT) av Peters et al., (1995), som er basert på testen konstruert av Vandenberg & Kuse (1978). *g*-faktoren vil bli målt ved bruk av Ravens Advanced Progressive Matrices (RAPM). RAPM er en test mye benyttet i studier av psykometrisk intelligens (Raven, Raven & Court, 1998). RAPM er anerkjent og beskrevet som en test som godt reflekterer psykometrisk *g*-faktor (Deary et al., 2010; Gray & Thompson, 2004).

Selvrapportert bruk av rotasjonsstrategi er også av interesse for dataanalysen. Det er derfor inkludert mål på dette. Fra Peters et al. (1995) inkluderes strategiene rotasjon av hele figuren, samt rotasjon av deler av figuren. I tillegg vil en tredje strategi inkluderes som tar utgangspunkt i vinkel på figuren. Denne er inkludert med bakgrunn i en antakelse om at noen personer fokuserer på vinkelavstanden mellom figurene, fremfor rotasjon av figurene enkeltvis, når de løser mentale rotasjonsoppgaver. I forhold til tidligere funn, er det forventet at menn bedre vil tilgodegjøre seg strategien som reflekterer holistisk rotasjon, mens kvinner ikke vil ha en slik nytteeffekt. Det er også forventet at flere kvinner enn menn vil benytte seg av strategi som reflekterer delvis/stykkvis rotasjon fremfor rotasjon av hele figuren. I tillegg er det inkludert ett selvrapporteringsmål på opplevelse av vanskelighetsgrad i oppgaveutførelsen. Dette er av interesse for oppgaven i forhold til å undersøke hvorvidt det foreligger individuelle, så vel som kjønnsrelaterte forskjeller i innsikt om eget prestasjonsnivå og hvorvidt ulikt nivå av *g* vil spille en rolle i slike vurderinger.

Metode

Deltakere og rekruttering

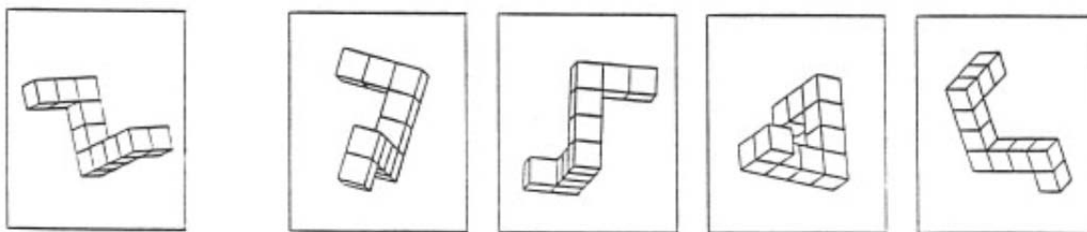
Populasjonen var studenter ved Universitetet i Tromsø. Det ble i alt rekruttert 80 deltakere. Fordelingen var 42,5 % menn ($n=34$) og 57,5 % kvinner ($n=46$), med ett aldersspenn mellom 18 og 44 år og en gjennomsnittlig alder på 21,5 år ($SD=3,8$).

Deltakere ble rekruttert og testet i to omganger. Først ble deltakere rekruttert ved forespørsel til foreleser i grunnfag for psykologi. På den måten var det mulig å teste en større gruppe studenter. Senere ble flere deltakere rekruttert ved bruk av reklame i form av flygeblad plassert forskjellige steder på universitetsområdet. Testing foregikk primært på klasserom booket for anledningen, sekundært på laboratorium/kontor. Alle rekrutterte deltakere gjennomførte samme tester i lik rekkefølge og fulgte identiske testprosedyrer. Deltakelse ble belønnet med 2 flax-lodd.

Testmateriale

Mental rotations test (MRT). MRT er en papir og blyanttest originalt utviklet av Vandenberg & Kuse (1978). I dette studiet ble revidert versjon A, standardversjon, av Peters et al. (1995) benyttet. Testen inneholder tredimensjonale figurer sammensatt av 10 blokker konstruert av Shepard & Metzler (1971). Testen inneholder totalt 24 flervalgsoppgaver og 3 øvelsesoppgaver. Hver oppgave består av fem tredimensjonale kubeskonstruksjoner som blir

vist i ulike orienteringer. Figuren lengst til venstre, målobjektet, skal sammenlignes med fire figurer på høyre side. I hver oppgave gjennom testen er det kun to av figurene på høyresiden som samsvarer (er identisk) med målobjektet. De to resterende objektene fungerer som distraktorer (se figur 1). Deltakerne ble instruert til mentalt å rotere målobjektet og markere av de 2 samsvarende figurene. Dersom begge var riktige fikk oppgaven 1 poeng. MRT-A består av to testblokker med 12 testoppgaver i hver, og maksskåren er altså 24. Deltakerne fikk 3 minutter til å fullføre hver testblokk. Mellom testblokkene ble det innlagt en pause på 1 minutt. Testmanualen anbefaler 2 minutter pause mellom testblokkene, men dette ble endret for å redusere den totale testtiden på oppgavesettet.

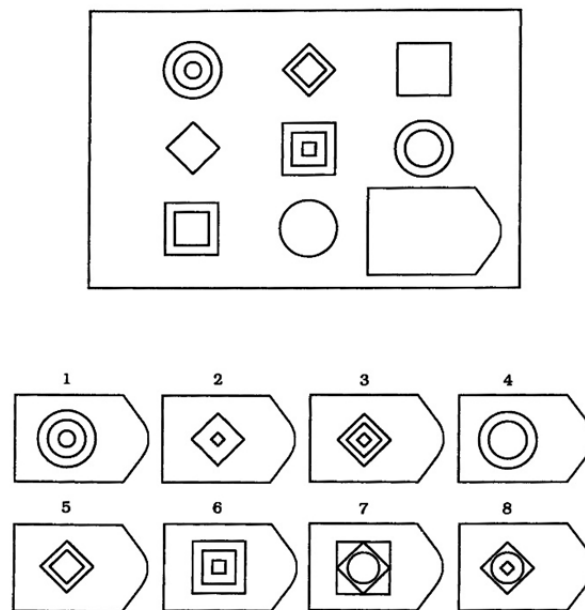


Figur 1. Utdrag av en testoppgave fra MRT-A. Figuren på venstre side er målobjektet. Deltakerne må avgjøre hvilke to av fire figurer på høyre side som er roterte versjoner av målobjektet.

Skjema for MRT strategier og demografiske data. Etter fullføring av MRT ble deltakerne bedt om å angi hvilken strategi som hovedsakelig ble benyttet under oppgavene. Spørsmålet var “Blant alternativene på en oppgave, hva så du mest etter for å finne de to riktige?: (1) Hele figurene (2) Deler av figurene, (3) Vinkelen på figurene. I tillegg ble deltakere bedt om å angi på en skala fra 1 -5 hvor vanskelig de synes det var å løse oppgavene. Også inkludert på dette skjemaet var spørsmål om alder og kjønn.

Ravens Advanced Progressive Matrices (RAPM). RAPM er en test som måler ikke-verbal problemløsning og er anerkjent som et adekvat mål på *g*-faktor i intelligens (Deary et al., 2010; Gray & Thompson, 2004). Testen består av en serie av diagrammer, eller mønster med en del som mangler (figur 2). Testdeltakere må først oppdage regel for problemløsning for så å velge, av 8 svaralternativer, den delen som korrekt vil fullføre mønsteret. RAPM består av 2 deler: sett I med 12 oppgaver og sett II med 36 oppgaver. Sett I er ofte benyttet som øvelsesoppgaver, eller som en kort versjon av sett II. Oppgavene i begge sett øker progressivt i kompleksitet og vanskelighetsgrad. Testen administreres ved bruk av matrisebok som inneholder oppgavene, samt en standardisert svarblankett. Den kan administreres med og uten tidsbegrensning. I testsituasjoner uten tidsbegrensning er formålet å kartlegge nåværende

kapasitet for persepsjon og tenkning. I testsituasjoner med tidsbegrensning er det den intellektuelle effektiviteten som måles (Raven, Raven & Court, 1998) I tråd med formålet for studien, benyttes sett II samt administrering med tidsbegrensning. Som foreslått i manualen var tidsbegrensningen på 40 minutter. Sentralt for testresultatenes validitet er at deltageren før test-start er gjort kjent med regler for oppgaveløsning. Derfor ble det i forkant av administrering av sett-II utdelt et test-eksemplar fra sett I med nøye instruksjoner om regler (se figur 2).



Figur 1. Eksempel hentet fra Ravens Advanced Progressive Matrices (RAPM), Sett I

Prosedyre

MRT og RAPM ble administrert hver for seg. MRT først, deretter RAPM. I forkant av testadministrering leste deltakeren forsiden/samtykkeerklæring som omhandlet forespørsel om deltakelse i studien. Denne ble signert og samlet inn. Etter informasjon om studien fikk deltakerne standardisert instruks for gjennomføringen av MRT (Peters et al., 1995) Dette inkluderte øvelsesoppgaver og selve testoppgavene. Tiden benyttet på MRT var totalt 9 minutter. Etter utført MRT ble deltakerne instruert til å fylle ut skjema for MRT strategier og demografiske data.

For administrering av RAPM fikk deltakere først utdelt et øvingseksemplar, matrisebok inneholdende RAPM sett II, standardisert svarblankett samt penn/blyant. Testens formål ble presentert for deltakeren som en test av klar tenkning og persepsjon. En muntlig

gjennomgang av *Instruksjon ved Ravens test* (appendiks) ble foretatt av testleder. Total testtid var omtrent 60 minutter.

Resultater

Kjønnsforskjeller: MRT og RAPM

Med utgangspunkt i tidligere forskning, var det forventet å finne en kjønnsforskjell i prestasjoner på MRT. Ved bruk av enveis ANOVA viste MRT signifikante kjønnsforskjeller i testprestasjon, $F(1, 78) = 12.133, p = .001$ (Cohens $d = 0.79$); hvor menn ($M = 12.00, SD = 4.46, n = 34$) oppnådde et høyere gjennomsnitt enn kvinner ($M = 8.35, SD = 4.76, n = 46$). I tråd med forskning på g-faktor, ble det ikke funnet kjønnsforskjeller i prestasjoner på RAPM $F(1,78) = 1.17, p > .28$. Menn hadde et gjennomsnitt på 24.15 ($SD = 6.84$) og kvinner et gjennomsnitt på 22.61 ($SD = 5.86$) på RAPM.

Sammenheng mellom MRT og RAPM

Denne studien ønsket å se på sammenhengene mellom g-faktor og prestasjoner på mentale rotasjoner. Spesifikt ble det tatt høyde for å teste hypotese om at observerte kjønnsforskjeller i mental rotasjon kan forklares av (a) en kjønnsespesifikk nevralt strategibenyttelse som (b) understøttes av individuell effektivitet i informasjonsbehandling, målt av g-faktor. Således var det forventet, uavhengig av kjønn, at prestasjon på RAPM vil predikere prestasjon på MRT. Det ble utført en samtidig regresjonsanalyse med Ravens-APM og kjønn som prediktorer og MRT som avhengig variabel. Resultatene viste at både Ravens-APM og kjønn signifikant predikerte prestasjoner på MRT og de forklarte til sammen 33 % av variansen [$R = .59$; $\text{adjusted}R^2 = .33, F(2,77) = 20.741, p < .001$]. Av dette predikerte skåre på RAPM mest ($b = .468, t = 5.053, p < .001$), mens kjønn predikerte noe mindre ($b = .310, t = 3.350, p = .001$). Dette funnet indikerer at effektiv informasjonsbehandling i form av målt g-faktor utgjør en større faktor enn kjønn i individuelle forskjeller på MRT.

Kvinnens effekt av g-faktor på mentale rotasjoner.

Resultatene av regresjonsanalysen viste at både g-faktor, så vel som kjønn predikerte prestasjoner på mental rotasjon. Videre var det av interesse for studien å undersøke hvorvidt kvinner og menn med like prestasjoner på mental rotasjonstest ville ha forskjellig nytte-effekt av g-faktor. Tidligere forskning har indikert at kvinner ser ut til å benytte en mer krevende

kognitiv strategi enn menn under mental rotasjon, men at dette alene ikke forklarer prestasjonsforskjellene. Det var derfor forventet at prestasjonen på RAPM bedre ville predikere skåre på MRT for kvinner, enn for menn.

Denne hypotesen ble først testet ut ved å utføre enkle lineære regresjonsanalyser separat for kvinner og menn. For kvinner forklarte skåren på RAPM 25% av skåren på MRT ($R = .51$; adjusted $R^2 = .25$; $n = 46$) og for menn forklarte skåren på RAPM 22 % av skåren på MRT ($R = .49$; adjusted $R^2 = .22$; $n = 34$). Disse resultatene kan tyde på at kjønnsforskjellen observert i mentale rotasjoner skyldes andre faktorer som ikke påvirkes av g -faktor. Videre ble det besluttet å undersøke hvorvidt en forskjell ville avdekkes dersom en sammenlignet g -faktors relative bidrag hos kvinner og menn med særskilt høy eller lav prestasjon på mental rotasjon.

I denne analysen ble 64 av totalt 80 deltakere inkludert: Lav MRT-gruppe inkluderte deltakere med minus 0.5 Standardavvik fra gjennomsnittet eller lavere ($M = 5.15$, $SD = 2.11$, $n = 34$). Høy MRT-gruppe inkluderte deltakere med skårer pluss 0.5 standardavvik eller høyere fra gjennomsnittet ($M = 15.07$, $SD = 2.68$, $n = 30$). Deltakere med MRT skåre mindre enn 0,5 standardavvik fra gjennomsnittet ble ikke inkludert i datanalysen ($M = 10.31$, $SD = 0.87$, $n = 16$). Det ble så utført en variansanalyse av høy/lav MRT-Gruppe og kjønn som faktorer med RAPM som avhengig variabel. Ikke overraskende forklarte mye av variasjonen i lav/høy MRT-gruppe variasjonen i RAPM [$F(1,60) = 12.316$, $p = .001$ $\eta_p^2 = .170$]. Men relasjonen til Ravens-APM var like sterk for begge kjønn, uavhengig av prestasjon og dataanalysen avdekket ingen interaksjon mellom høy/lav MRT-gruppe og kjønn [$F(1,60) = .028$, $p > .86$, $\eta_p^2 = .00$]. Resultatene gir ikke støtte for hypotesen om at g -faktor kan kompensere for ineffektive strategier hos kvinner. Generell intelligens gir like store bidrag for kvinner og menn i utførelse av mental rotasjon, noe som kan indikere at kjønnsforskjell i mental rotasjon beror på andre faktorer uberørte av g -faktor.

G-faktor som systemsvikt

Av hensyn til at denne oppgaven betrakter g -faktoren som indirekte mål på effektivitet i informasjonsbehandling, var det også av interesse å teste den alternative forklaringen at g -faktor kommer av systemsvikt slik foreslått av Detterman (1987). For å undersøke denne hypotesen ble deltakere fordelt inn i tre grupper avgrenset av 0.5 standardavvik fra gjennomsnitt på RAPM. Denne inndelingen gav en lav ($M = 15.83$, $SD = 4.03$, $n = 24$), en middels ($M = 23.32$, $SD = 1.41$, $n = 28$), og en høy RAPM-gruppe ($M = 29.57$, $SD = 3.14$, $n = 28$). Deretter ble separate korrelasjoner mellom skårer på RAPM og MRT utført for hver

RAPM gruppe. For lavgruppen ($r = .192, p = .368$), samt middelsgruppen ($r = .179, p = .362$) ble det ikke funnet noen sammenheng mellom skårene. For høygruppen derimot, var det en tydelig tendens til korrelasjon ($r = .335, p = .082$). Disse resultatene er motsatt av hva en ville forvente dersom g -faktoren er resultat av systemsvikt.

Strategibenyttelse

Tidligere forskning har dokumentert at kvinner og menn rapporterer forskjellig strategibenyttelse, så vel som ulik effekt av strategi på mental rotasjonstest (MRT). I tillegg er det også observert nevrofunksjonelle forskjeller mellom kjønn som også kan understøtte ulike valg av strategi. Denne studien inkluderte mål av strategibenyttelse for å se om det eksisterer en sammenheng mellom subjektivt rapportert strategibenyttelse og prestasjon på MRT. Videre var det av interesse å se om g -faktor ville ha en rolle i modulering av strategivalg i relasjon til MRT prestasjon.

En enveis ANOVA viste at menn som valgte strategien «hele figurene» ($M = 14.25$; $SD = 4.22$; $n = 12$) presterte signifikant bedre enn menn som valgte strategien «vinkelen på figurene» ($M = 10.77$; $SD = 4.17$; $n = 22$), $F(1, 32) = 5.345, p = .027$. Ingen menn valgte strategien «deler av figurene». Analyse av kvinners strategivalg viste i motsetning til dette at selvrapportert strategivalg ikke hadde noen effekt på MRT-prestasjonen. Kvinner presterte likt uansett strategivalg [$F(2, 43) < 1, p > .92$]. Kvinner og menns gjennomsnittlige prestasjoner på MRT i forhold til strategivalg er illustrert i Tabell 1. Når det gjelder g -faktorens rolle, viste variansanalyse av strategiene ingen signifikant forskjell i skårer på RAPM for verken menn [$F(1,32) = 1.949; p = .17$] eller kvinner [$F(2,43) < 1; p > .58$].

Tabell 1. *Kvinner og menns strategivalg i forhold til MRT Prestasjon. *Ingen menn valgte strategien «deler av figurene».*

MRT	Menn			Kvinner			Total		
	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n
Hele figurene	14.25	4.22	12	7.92	5.10	13	10.96	5.62	25
Vinkelen av figurene	10.77	4.17	22	8.46	4.77	26	9.52	4.16	48
Deler av figurene	*	*	*	8.71	4.71	7	8.71	4.71	7

Vurdering av egne evner

Av interesse for studien var også deltakernes grad av innsikt i egen evne/prestasjon på MRT. Dataene viste en signifikant moderat negativ korrelasjon mellom MRT-skåre og selvvurdering ($r = -.611, p < .01$). Resultatet indikerer at deltakere som presterer godt angir selv at de opplevde oppgaven som lettere enn deltakere som presterte dårligere. I tillegg ble det påvist en svak, men signifikant negativ korrelasjon mellom RAPM og selvvurdering på MRT ($r = -.233, p = .038$). Denne korrelasjonen reflekterer trolig den positive effekten av g -faktor på mental rotasjon generelt. Med andre ord, ikke g -faktorens innvirking på individuell dømmekraft, men heller at deltakere generelt synes å være relativt gode til å bedømme egen evne/innsats.

Diskusjon

Denne oppgaven ønsket i hovedsak å teste hypotesen om at effektivitet av informasjonsbehandling, målt av g -faktoren, kan påvirke MRT-prestasjon med spesielt henblikk på kjønnsrelaterede strategipreferanser i relasjon til observerte kjønnsforskjeller. I forhold til dette, ble Detterman's (1987) hypotese om at g -faktor kan være resultat av systemsvikt også undersøkt. I tillegg var det av interesse for oppgaven å kartlegge strategibruk under mental rotasjon i forhold til kjønns spesifikke preferanser, samt målt nytteeffekt.

Ingen effekt av g -faktor på kjønnsforskjellen i mental rotasjon – mulig relatert til nevrobiologiske kjønnsforskjeller

I tråd med tidligere funn av Voyer et al. (1995) ble det funnet en signifikant kjønnsforskjell på mental rotasjon i favør av menn. Som forventet ble det ikke funnet kjønnsforskjeller i g -faktor. I følge Detterman (1987) kan g -faktoren resultere av systemsvikt, noe som Detterman & Daniel (1989) demonstrerte ved å påvise at individer med lav-IQ utviste høyere korrelasjoner mellom elementære kognitive oppgaver enn individer med høy-IQ. Resultatene i denne oppgaven viste ikke dette mønsteret mellom g -faktoren og mental rotasjon. I kontrast viste resultatene større sammenheng mellom høyere mål av g og prestasjon på MRT. Dette indikerer heller at g reflekterer en generell kognitiv ressurs som benyttes på tvers av kognitive oppgaver. Denne antakelsen ble videre styrket av funn som viste at g -faktoren alene forklarte 22 % av skårene på mental rotasjon. Kjønn på sin side forklarte kun 9,6 %. Videre ble det påvist, til tross for signifikant kjønnsforskjell, at menn og

kvinner oppnådde like stor effekt av generell intelligens på MRT. Disse resultatene indikerer at generell intelligens i større grad påvirker prestasjon på MRT, men at den observerte kjønnsforskjellen forblir uberørt av dette. Hvilket kan bety at de prosessene som understøtter mental rotasjon innehar en eller flere spesifikke komponenter relatert til kjønns-spesifikk kognisjon. Koshino et al. (2005) identifiserte en tre-faktor-struktur av et større, overordnet kortikalt nettverk som benyttes under mental rotasjon. Dette nettverket benyttet temporale, oksipitale, frontale og parietale områder. Jung & Haier (2007) postulerer at områder mest relatert til prosessene benyttet i generell intelligens (P-FIT) er knyttet sammen i ett nettverk som består av temporale, oksipitale, frontale og parietale områder. I tillegg inkluderer P-FIT anterior singulate i seleksjon og inhibering av responser. I lys av disse funnene er det mest sannsynlig at nevralt prosesser som reflekteres av *g* også understøttes i mental rotasjon.

Butler et al. (2006) viste at kvinner benytter en mer krevende «top-down»-prosess under mental rotasjon som involverer dorsomedial-prefrontal korteks, mens menn benytter en mer stimuli-drevet «bottom-up»-prosess reflektert av større aktivering i parietale områder. Lignende funn av kvinners bruk av mer frontale områder, og menns bruk av mer parietale områder, er også dokumentert av Thomsen et al. (2000) så vel som Jordan et al. (2002). Sistnevnte fant også denne kjønnsforskjellen i aktiveringsmønster hos kvinner og menn som presterte likt på en mental rotasjonstest. Spørsmålet som må stilles er hvorfor nettverket aktiveres funksjonelt annerledes mellom menn og kvinner? Og hvordan produserer dette de observerte kjønnsforskjellene i mental rotasjon? Et mulig hint er studien av Haier (2005) som fant at kortikale områder assosiert med generell intelligens er forskjellig mellom kjønn. Generell intelligens er sterkere assosiert med mer prominente områder i frontal-lappen hos kvinner. Hos menn er høyere generell intelligens assosiert med mer prominente strukturer i parietale områder. Dette, ifølge Haier (2005), indikerer at evolusjonen kan ha produsert to forskjellige hjernearkitekturer som begge støtter ekvivalent intellektuell kapasitet. Gitt funn i denne oppgaven, er det mulig at kjønnsforskjellen i mentale rotasjoner ikke reflekterer seleksjon av ulike strategier for utførelse av mental rotasjon, men heller en automatisk aktivering av kjønnsrelaterte hjernestrukturelle og funksjonelle forskjeller. Selv om verken tidligere forskning eller denne oppgaven dokumenterer noen forskjell i generell intelligens, er det mulig at diskuterte hjernestrukturelle og funksjonelle forskjeller gir opphav til kjønnsforskjeller i mental rotasjon, så vel som andre domener av kognitiv fungering. Det er således mulig å anta at generell intelligens ikke alene beror på generell effektiv nevralt informasjonsbehandling (Haier, 2011), men også av spesifikk informasjonsbehandling relatert til blant annet kjønnsforskjeller. Dersom en fokuserer på funn av både psykometriske og

nevrale forskjeller innen ulike kognitive domener, er det tilforlatelig å stille spørsmålet om hvor generell, generell intelligens egentlig er? Selv om menn og kvinner kan utvise ekvivalente mål i *g* faktor er det trolig at hva som gir opphav til den observerte *g*-faktoren er forskjellig. Denne oppgaven foreslår derfor mulighet for at generell intelligens kvantitativt forblir uberørt gjennom felles prosesser av effektiv nevralt informasjonsbehandling (Haier, 2011) og/eller total arbeidsminnekapasitet (Kyllonen & Christal, 1990). Dette er muligens årsaken til hvorfor RAPM i denne oppgaven generelt predikerte prestasjon på mental rotasjon for begge kjønn. Dersom en betrakter intelligens som en åpen kategori for alle de mentale prosesser som vi anser som kognitive (Jensen, 2002), vil det trolig eksistere kvalitative forskjeller i generell intelligens mellom kjønn. Dette er mulig reflektert av den robuste kjønnsforskjellen observert i mental rotasjon samt den uberørte effekten av kjønn i denne oppgaven, så vel som tidligere studier av kjønnsforskjeller i kognitive (Halpern, 2000, Voyer et al, 1995) og i hjerneavbildningsstudier (Butler et al, 2006; Haier, 2005; Jordan et al, 2002; Thomsen et al, 2000). På bakgrunn av nevnte betraktninger, kan det således være meningsfullt med et kvalitativt skille mellom mannlig og kvinnelig generell intelligens, fremfor valg av strategier, i relasjon til mental rotasjon.

Mulige kandidater til kjønnsforskjell i mental rotasjon som ikke påvirkes av *g*-faktor

Denne oppgaven inkluderte også selvrapporteringsmål av strategibenyttelse under mental rotasjon. Resultatene viste i tråd med forventningene at menn som rapporterte at de roterte hele figuren gjorde det signifikant bedre enn menn som benyttet annen strategi. En slik effekt ble ikke observert for kvinner som presterte likt uavhengig av hvilken strategi de rapporterte å benytte. Disse funnene er i tråd med Peters et al. (1995) og støtter antakelsen om at kvinner benytter en annen løsningsstrategi under mental rotasjon enn menn. Det forrige avsnittet knyttet mental rotasjon til automatisk aktivering av kjønns spesifikk strukturelle og funksjonelle forskjeller i hjernearkitektur. Med andre ord foreslås det at strategi ikke velges blant alternativer, men aktiveres automatisk gitt forutsetningene i nervesystemet. Det at kun menn synes å ha effektivt utbytte av holistisk rotasjon kan reflektere dette. I tillegg til effekt av strategi mellom kjønn, var det av interesse å se hvorvidt generell intelligens ville påvirke valg av effektive strategier i mental rotasjon. Men igjen vist ingen forskjell. Både kvinner og menn benyttet strategier uavhengig av generell intelligens, noe som videre støtter funn av at generell intelligens målt i form av *g* faktor ikke påvirker observert kjønnsforskjell i mental rotasjon. Mer overraskende var funnet at majoriteten av deltakerne ($n = 48$) valgte strategien

«vinkelen på figurene». I tillegg valgte ingen menn og kun 7 kvinner strategien «deler av figuren». I studien av Bethel-Fox & Shepard (1988) argumenterte forfatterne for at enkelte deltakere benyttet en stykkvis/delvis rotasjon og at dette reflekterte lavere testprestasjoner i mental rotasjon. I tillegg viste Peters et al. (1995) at deltakere som rapporterte å benytte rotasjon av «deler av figuren» generelt presterte dårligere, men at dette kun gjaldt for menn. I den nåværende oppgaven synes en slik delvis rotasjon å ekskluderes for de aller fleste og mange deltakere velger i stedet den alternative strategien «vinkelen på figurene». Denne strategien ble inkludert på bakgrunn av antakelse om at noen deltakere, fremfor å enkeltvis rotere figurene, i stedet fokuserer på avstand i vinkel mellom figurene. En slik strategi kan representere en kognitiv snarvei da den trolig ikke krever like kompleks innkoding og manipulasjon av mentale bilder som kreves under holistisk rotasjon. Således kan den representere en mindre belastning av visuospatialt arbeidsminnekapasitet. Denne tolkningen står i kontrast til forskning som indikerer at g har sterke tilknytninger til angitte mål av arbeidsminnekapasitet (Detterman, 2002; Detterman & Christal, 1989). Valg av strategi som krever mindre arbeidsminnekapasitet ville således vist en interaksjon til mål av g -faktor, noe denne oppgaven ikke finner støtte for. En annen tolkning er at strategien reflekterer hvordan objektene i mentale rotasjonsoppgaver representeres mentalt. Det foreligger studier som indikerer at hjernen benytter to forskjellige måter å gjøre dette på, kategorisk eller koordinat-representasjon. Den første typen representasjon inkluderer generelle abstraksjoner av objekters relasjoner til hverandre. For eksempel om objektet er over, under, ved siden av og lignende. Den andre typen representasjon spesifiserer presise spatiale forhold av objekter eller objekters relasjoner i forhold til metriske enheter. Dette inkluderer koordinerte bevegelser hvor hjernen trenger presise avstander for å kunne, eksempelvis, plukke opp en gjenstand. Disse ulike måtene å representere visuelt stimuli er tenkt å være reflektert i ulike typer størrelser av visuelle reseptive felt hvor kategorisk representasjon benytter små, ikke-overlappende felt, mens koordinat-representasjon benytter større overlappende felt. Et objekt som faller over slike overlappende felt vil kunne inkludere presis informasjon om objektets geometriske relasjoner (Jager & Postma, 2003). MRT-strategien «vinkelen på figurene» som benyttes i denne oppgaven kan representere sammenligning av objekter i samsvar med en form for kategorisk representasjon. Slik det fremkommer her, er en kategorisk representasjon i seg selv mindre krevende. Nøkkelen her er ikke total minnekapasitet, men heller hvordan hjernen klarer å representere spatiale forhold. I relasjon til dette, eksisterer også studier som indikerer at menn i større grad enn kvinner utviser en funksjonell asymmetri mellom hemisfærene (Jager & Postma, 2003). En studie av Johnson et al. (2002) indikerer at kvinner i

større grad distribuerer nevrale prosesser bilateralt, mens hos menn er høyre hemisfære mer dominant. Dette er av betydning på grunn av at venstre hemisfære trolig er mer knyttet til kategorisk representasjon, mens høyre hemisfære er mer implisert i bearbeiding av informasjon relatert til koordinat-representasjoner (Jager & Postma, 2003). Dersom koordinat-representasjoner klarer å benytte mer presis geometrisk bearbeiding, vil den sannsynligvis være mer effektiv i mentale transformasjoner, slik som under mental rotasjon, enn ved bruk av kategoriske representasjoner. I tillegg, ettersom menn utviser funksjonelt mer hemisfærisk asymmetri (Johnson et al., 2002) er det således mulig at menn bedre kan benytte seg av høyre hemisfæres koordinat-representasjoner. Dette kan reflektere hvorfor menn generelt er bedre enn kvinner på denne oppgaven, samt forklare hvorfor kun menn synes å ha en påviselig effekt av selvrapportert benyttelse av holistisk rotasjon. En slik dikotomi i måter å representere visuelle stimuli på passer godt inn i foreslåtte strategiske forskjeller mellom menn og kvinner i utførelsen av mentale rotasjoner: Herunder holistisk-analog/koordinat representasjon i kontrast til analytisk-sekvensiell/kategorisk representasjon. I tillegg er det mulig at dette også kan representere funn som indikerer at individer som klarer å generere mentale bilder av høyere kvalitet presterer bedre på spatiale oppgaver enn individer som rapporterer lavere kvalitet, trolig fordi slike mentale bilder kan benyttes for holistisk sammenligning til test-stimuli (Lohman, 1988).

Validitet av strategier, mulig svakhet i MRT og forslag for videre forskning

Det kan argumenteres for svakheter ved studier av selvrapporterte strategier i forhold til mentale rotasjoner. Først, metoden selvrapportert strategivalg beror på at forfatteren av denne oppgaven, så vel som andre som utfører studier av strategier i mentale rotasjoner, må anta at strategier betyr det samme for alle deltakere. I forhold til dette eksisterer det en mulighet for at strategien «deler av figurene» ikke er kvalitativt forskjellig fra strategien «vinkelen av figurene». Gitt at begge strategiene er assosiert med lignende lave prestasjoner, er det en mulighet for at disse kan representere en og samme strategi. En annen svakhet er at forskeren må ha innsikt i de mentale operasjoner hver enkelt deltaker gjør i forhold til hvilke strategier de rapporterer å benytte. Relatert til dette, og kanskje enda viktigere, er hvorvidt deltakeren selv har innsikt i om ens kognitive operasjoner samsvarer med selvrapportert strategi. Vi fant at deltakere gjorde en nokså realistisk vurdering av hvor vanskelige oppgavene var, siden vurderingen korrelerte sterkt med faktisk prestasjon. Men denne oppgaven, så vel som Peters et al (1995), har avdekket at kvinner ikke oppnår noen målbar

effekt på mental rotasjon i forhold til om de har benyttet strategiene «hele figurene», «deler av figurene» eller «vinkelen av figurene». Betyr dette at holistisk rotasjon, som er antatt å være en mer effektiv strategi, ikke er en effektiv strategi for kvinner? Eller kan det bety at strategien kvinner angir ikke nødvendigvis sammenfaller med hva de faktisk gjorde i oppgaven? En studie av Geiser et al. (2006) har sett nærmere på om alle delene av Peters et al (1995) standardversjon av Vandenberg og Kuse's (1978) mentale rotasjonstest (MRT-A) må løses ved bruk av mental rotasjon. Forfatterne påpekte at enkelte oppgaver inneholdt distraktorfigurer som var av annen form en målobjektet. På den måten kan deltakere benytte direkte sammenligning av form på figurene fremfor å måtte mentalt rotere. De fleste oppgavene i MRT-A inneholder speilvendte distraktorfigurer. Gjennom en latent klasseanalyse av MRT-A ble det avdekket at deltakere kunne grupperes i fem klasser som reflekterer måten de løste oppgavene på. Generelt ble det påvist at menn var overrepresentert i de klasser med høy løsningssannsynlighet, mens kvinner var overrepresentert i klasser av lav løsningssannsynlighet. En klasse skilte seg spesielt ut i form av at medlemmene kun klarte å løse de oppgavene med alternativ form på distraktorfigurene. Med andre ord kunne de sammenligne objektene på basis av form og således benytte en resonneringsstrategi i stedet for å mentalt rotere. I tillegg ble det påvist at en større gruppe kvinner klarte å løse oppgaver med speilvendte distraktorer korrekt, men gjorde dette mye tregere. Geiser et al. (2006) benyttet i denne studien ingen selvrapporterte mål på strategibenyttelse, men heller antar at de som benytter ikke-roterende strategier i stedet benytter en form for resonneringsstrategi. I tillegg kan forfatterne ikke være sikre på om kvinner som synes å løse oppgavene tregt, men korrekt, også benytter lignende resonneringsstrategier. Sistnevnte funn kan også korrespondere til at deltakerne benyttet stykkvis/delvis rotasjon eller sammenligning av vinkelavstander fremfor holistisk rotasjon. Ett siste spørsmål er hvorvidt enkelte deltakere skifter strategi gjennom oppgaven på grunn av enten treningseffekter, eller skiftende betingelser av oppgaven. En måte å undersøke dette på er å konstruere en ny versjon av mental rotasjonstest som sammenligner prestasjonen mellom testoppgaver med speilvendte distraktorfigurer, mot oppgaver med alternativ form på distraktorfigurene. Dette kan videre avdekke flere eventuelle forskjeller i benyttelse av strategier, eventuelle endringer/bytter av strategi, samt generell nytteeffekt av strategier. I tillegg ville det vært av interesse å se hvorvidt de ulike løsningsmulighetene i MRT vil korrespondere til nevralt aktivitet assosiert med de foreslåtte strategiene: Ikke-verbal, holistisk-analog og bevegelsesorientert, eller verbal, analytisk og sekvensiell resonnering.

Referanser

- Bates, T. & Stough C. (1998). Improved Reaction Time Method, Information Processing Speed, and Intelligence. *Intelligence*, 26 (1), 53-62.
- Berenbaum, S. A., Korman Bryk, K. L. & Beltz, A. M. (2012). Early Androgen Effects on Spatial and Mechanical Abilities: Evidence From Congenital Adrenal Hyperplasia. *Behavioral Neuroscience*, 126 (1), 86-96
- Bethel-Fox, C. E. & Shepard, R. N. (1988). Mental Rotation: Effects of Stimulus Complexity and Familiarity. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 14 (1), 12-23
- Butler, T., Imperato-McGinley, J., Pan, H, Voyer, D., Cordero, J., Zhu, Y-S., Stern, E. & Silbersweig, D. (2006). Sex differences in mental rotation: Top-down versus bottom up processing. *NeuroImage*, 32, 445-456.
- Cherney, I. D. & Collaer, M. L. (2005). Sex differences in line judgment: Relation to mathematics preparation and strategy use. *Perceptual and Motor Skills*, 100, 615-627.
- Deary, I. J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). The Neuroscience of human intelligence differences. *Nature reviews*, 11, 201-211.
- Detterman, D. K. & Daniel, M. H. (1989). Correlations of mental tests with each other and with cognitive variables for low IQ groups. *Intelligence*, 13 (4), 349-359.
- Detterman, D. K. (1987). Theoretical notions of intelligence and mental retardation. *American Journal of Mental Deficiency*, 92, 2-11.
- Detterman, D. K. (2002). General Intelligence: Cognitive and Biological Explanations. I E. I. Grigorenko & R. J. Sternberg (Eds.) *The General Factor of Intelligence How General Is It?* (s.223-243). New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Detterman, D. K. & Daniel, M. H. (1989). Correlations of mental tests with each other and with cognitive variables for low IQ groups. *Intelligence*, 13 (4), 349-359.

- Geiser, C., Lehmann, W. & Eid, M. (2006). Separating "Rotators" From "Nonrotators" in the Mental Rotations Test: A Multigroup Latent Class Analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 41 (3), 261-293.
- Gray, R. J. & Thompson, P.M. (2004). Neurobiology of intelligence: science and ethics. *Nature reviews*, 5, 471-482.
- Haier, R. J. (2011) Biological Basis of Intelligence. R. J. Sternberg & S. B. Kaufman (Eds.) *The Cambridge Handbook of Intelligence*. (s.351 – 368). New York, USA: Cambridge University Press.
- Haier, R. J., Siegel, B. V., Nuechterlein, K. H., Hazlett, E., Wu, J. C., Paek, J., Browning, H. L. & Buchsbaum, M. S. (1988) Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. *Intelligence* 12 (2), 199–217.
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R.A., Head, K., & Alkire, M. T. (2005). The neuroanatomy of general intelligence: Sex matters. *NeuroImage*, 25, 320–327.
- Halpern, D. F. (2000). *Sex differences in cognitive abilities*. New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Halpern, D. F. & Collaer, M., L. (2005). Sex differences in visuospatial abilities: More than meets the eye. I P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge handbook of visuospatial thinking* (s.170-205). New York, USA: Cambridge University Press. 22
- Hegarty, M. & Waller, D. A. (2005). Individual differences in spatial abilities. I P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge handbook of visuospatial thinking* (s.121-160). New York, USA: Cambridge University Press.
- Jager, G., Postma, A. (2003). On the hemispheric specialization for categorical and coordinate spatial relations: a review of the current evidence. *Neuropsychologia*, 41, 504-515.
- Jensen, A. R. (2002). Psychometric g: Definition and Substantiation. I E. I. Grigorenko & R. J. Sternberg (Eds.) *The General Factor of Intelligence How General Is It?* (s.39-53). New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Johnson, B., McKenzie, K., & Hamm, J. (2002). Cerebral asymmetry for mental rotation: effects of response hand, handedness and gender. *NeuroReport*, 13, 1929–1932.

- Jordan, K., Wüstenberg, T., Heinze, H-J., Peters, M., Jäncke, L. (2002). Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. *Neuropsychologia*, 40, 2397-2408.
- Just, M.A. & Carpenter, P. A. (1985) Cognitive Coordinate Systems: Accounts of Mental Rotation and Individual Differences in Spatial Ability. *Psychological Review*, 92, 2, 137-171
- Jung, R. E., & Haier, R. J. (2007). The parieto-frontal integration theory (P-FIT) of intelligence: Converging neuroimaging evidence. *Behavioral and Brain Sciences*, 30, 135–154.
- Jäncke, L. & Jordan, K. (2007) Functional neuroanatomy of mental rotation performance. F. Mast & L. Jäncke (Eds) *Spatial Processing In Navigation Imagery and Perception* (s. 183-207). New York, USA: Springer Science + Business Media LLC.
- Koshino, H., Carpenter, P. A., Keller, T. A. & Just, M. A. (2005). Interactions between the dorsal and the ventral pathways in mental rotation: An fMRI study. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5 (1), 54-66.
- Kranzler, J. H. & Jensen, A.R. (1991) The Nature of Psychometric g: Unitary Process or a Number of Independent Processes? *Intelligence*, 15, 397-422.
- Kyllonen, P. C. & Christal, R. E. (1990). Reasoning Ability Is (little More Than) Working-Memory Capacity?! *Intelligence*, 14, 289-433.
- Kyllonen, P. C. (2002). G: Knowledge, Speed, Strategies, or Working-Memory Capacity? A Systems Perspective. I E. I. Grigorenko & R. J. Sternberg (Eds.) *The General Factor of Intelligence How General Is It?* (s.415-443). New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Linn, M. C. & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Lohman, D. F. (1996). Spatial ability and g. I I. Dennis & P. Tapsfield (Eds), *Human abilities: Their nature and measurement* (s.99-115). New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

- Lohman, D. F. (1988). Spatial Abilities as Traits, Processes, and Knowledge. I R. J. Sternberg (Ed), *Advances In The Psychology Of Human Intelligence* (s.182-247). New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Mackintosh, N. J. (2011) History of Theories and Measurement of Intelligence. R. J. Sternberg & S. B. Kaufman (Eds.) *The Cambridge Handbook of Intelligence*. (s.3 – 19). New York, USA: Cambridge University Press.
- Moè, A. & Pazzaglia, F. (2006). Following the instructions! Effects of gender beliefs in mental rotation. *Learning and Individual Differences*, 16, 369-377.
- Nettelbeck, T. (2011) Basic Processes of Intelligence. R. J. Sternberg & S. B. Kaufman (Eds.) *The Cambridge Handbook of Intelligence*. (s.371 – 393). New York, USA: Cambridge University Press.
- Neubauer A. C & Fink, A. (2009). Intelligence and neural efficiency: Measures of brain activation versus measures of functional connectivity in the brain. *Intelligence*, 37, 223–229.
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R. & Richardson, C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse mental rotations test: Different versions and factors that affect performance. *Brain and Cognition*, 28, 39-58.
- Raven, J., Raven J. C. & Court, J. H. (1998). Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales. San Antonio, Texas; Harcourt Assessment
- Shah, P. & Miyake, A. (2005). *The Cambridge handbook of visuospatial thinking*. New York, USA: Cambridge University Press.
- Shepard, R. N. & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- Titze, C., Heil, M. & Jansen, P. (2008) Gender Differences in the Mental Rotations Test (MRT) Are Not Due to Task Complexity. *Journal of Individual Differences*, 29 (3), 130–133

- Thomsen, T., Hugdahl, K., Ersland, L., Barndon, R., Lundervold, A., Smievoll, A. L., Roscher, B. E., & Sundberg, H. (2000). Functional magnetic resonance imaging (fMRI) study of sex differences in a mental rotation task. *Med Sci Monit*, 6 (6), 1186-1196.
- Vandenberg, S. G. & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604.
- Voyer, D., Voyer, S. & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117 (2), 250-270.
- Urbina, S. (2011) Tests of Intelligence. I R. J. Sternberg & S. B. Kaufman (Eds.) *The Cambridge Handbook of Intelligence*. (s.20 – 38). New York, USA: Cambridge University Press.

Appendiks: Instruksjoner til Raven's test

Testadministrator behøver: testinstruksjon, stoppeklokke, kopi av øvingsoppgave, Set II testbok, svarark.

Dersom noen av dere har mobiler med seg, så ber vi dere om å slå av disse før vi begynner, slik at disse ikke virker forstyrrende for deg selv eller andre under testingen.

For denne testen har du fått utdelt en matrisebok, et svarark hvor du skal avgi dine svar, samt et ark med øvingsoppgaver.

Se på svarsarket og fyll inn fornavnet ditt. Du skal ikke fylle i fullt navn, fødselsdato og liknende, for å sikre anonymitet.

Det er viktig at dere ikke skriver i matriseboken, kun på svararket deres.

Hold opp øvingsoppgaven:

Denne testen kartlegger persepsjon og tenkning. Denne oppgaven er ment for å illustrere hvordan testen fungerer, eller hvis du har sett testen før, minne deg på hvordan den fungerer. Finn frem ditt eget ark med øvingsoppgaver.

Den øverste delen inneholder et mønster med en del som mangler. Se på mønsteret og identifiser den figuren som mangler for å ferdiggjøre mønsteret korrekt, både bortover og nedover. Finn den riktige figuren blant de åtte alternativene nede på siden. Bare en av figurene passer helt perfekt inn i mønsteret.

Marker nå den figuren som du mener korrekt passer inn i mønsteret. Husk at den må passe begge veier.

I oppgave 2 vil figur 6 være den eneste som passer inn både loddrett og vannrett.

Hold opp et eksemplar av svararket:

På svarsarket skal dere starte øverst i andre kolonne, under overskriften Set II. Altså skal svaret ditt for oppgave 1 i Testboka føres inn under oppgave 1 i andre kolonne på svarsarket, under overskriften Set II. Marker ved å sette en strek over det alternativet (fra 1 til 8) du mener er riktig. Følg nummerene nedover kolonnene og start øverst på neste neste kolonne, slik at oppgavennummeret i Testboka samsvarer med nummeret på svarsarket.

Ved teststart:

Dere får nå 40 minutter til å gjennomføre testen. Husk at det er nøyaktighet i arbeidet som er viktig. Løs oppgavene i den rekkefølgen de er satt i. Gjør ditt beste for å finne den rette figuren i hver oppgave før du går videre. Hvis du står fast, gå videre til neste problem og kom tilbake til denne oppgaven senere. MEN husk at hver oppgave er vanskeligere enn den foregående, så det vil ta lengre tid å løse disse. Oppgavene er laget med varierende vanskelighetsgrad, fra enkle til veldig vanskelige, og det er dermed ikke forventet at dere skal klare alle sammen innenfor tidsfristen.

Er det noen spørsmål?

Da kan dere åpne Testboken på første problemet. Når alle er klare: Start nå.