

Kjønnforskjeller innen romforståelse

Prosjektoppgave ved profesjonsstudiet i medisin

Universitetet i Oslo

2022



Av student Katarina Olava Haugland Halvorsen

Med veileder Torkel Hafting, ved Institutt for medisinske basalfag

Abstract

There are many myths about the differences of the brain and cognitive abilities between men and females. It is presumed that men exceed in viso-spatial cognition compared to women. This thesis aimed to investigate the scientific evidence regarding sex differences in spatial cognition, particularly regarding navigation and mental rotation. It is well established that navigation and spatial memory rely on temporal areas, including the hippocampus and entorhinal cortex in humans and animals, and that the parietal lobe is essential in mental rotation. However, it remains a matter of debate whether the cognitive abilities differ between the sexes.

A literature search was performed in Pubmed, and all non-clinical trials published in the last decade, comparing the two sexes, were included. These criteria resulted in 32 articles, in which 25 investigated navigation, and 9 investigated mental rotation. Four articles investigated both navigation and rotation. Two articles used a method that did not correspond to either.

In general, men and male animals performed better than women and female animals, in both navigation and mental rotation, confirming previous presumptions. The sex differences are apparent in children and increase through puberty. There is a possible interaction with sex hormones, as well as experience. It is therefore not clear to what extent, sex difference in spatial abilities is due to biological, environmental or cultural factors.

Innhold

Abstract.....	2
Innledning	4
Definisjoner innen romforståelse.....	5
Hukommelse	5
Hjerneområder involvert i spatial kognisjon	6
Tester	7
Morris Water Maze.....	7
Åttearmet labyrint.....	8
Barnes maze	8
Mental Rotation Test	9
fMRI	9
Metode	9
Litteratursøk.....	9
Eksklusjons- og inklusjonskriterier	10
Inklusjon	10
Analyser	10
Resultater	11
Oversikt over ulike typer studier	11
Navigasjon hos mennesker.....	11
Forsøk med vMWM-liknende tester.....	12
Forsøk med andre typer tester	13
fMRI i navigasjon.....	14
Navigasjon hos dyr	15
Forsøk med MWM	15
Forsøk med åttearmet labyrint.....	16
Forsøk med andre tester	17
Rotasjon	18
fMRI i rotasjonsoppgaver	19
Romforståelse i liten skala	20
Effekt av kjønnshormoner på navigasjon og rotasjon.....	20
Diskusjon	21
Referanser	24
Figurer og tabeller	28
Figur 6: Flytskjema over inkluderte artikler.....	28
Tabell 1: oversikt over inkluderte artikler (n = 32)	29

Innledning

Er det forskjeller mellom hjernen til menn og kvinner? Finnes det forskjeller innen kognitive evner? Og er forskjellene biologiske eller tillærte? Dette kontroversielle temaet er stadig populært i media, og rundt lunsjbordet. Det er mange som har ulike meninger om dette. Et raskt google-søk får opp rundt 400 millioner treff med søkeordene «*cognitive differences between male and female*». De raske svarene sier at menn gjør det bedre visuelt, spatialt og innen matematikk, mens kvinnene er overlegne innen verbale og emosjonelle felt. Men det er også overskrifter som avviser forskjellene helt.

En rekke studier som har fått mye medieoppmerksomhet har påvist kjønnsforskjeller, men en stor metastudie i 2021 (1) konkluderer med at det ikke er vitenskapelig grunn til å hevde dette. Menn har i gjennomsnitt 11 % større hjerne enn kvinner, noe som i hovedsak skyldes forskjell i kroppsstørrelse.

Kognitive funksjoner omhandler hjernens evne til hukommelse, persepsjon, prosessering og eksekutive funksjoner. Det inkluderer sosiale og affektive ferdigheter i tillegg til verbale og romlige (2). Kognitive funksjoner inkluderer også det som på engelsk kalles *spatial cognition*, og som heretter vil omtales som *romforståelse*. Denne evnen bruker du til å vite hvor du er, hvordan du kan finne veien dit du skal, men ikke minst er den viktig for dine autobiografiske minner som er avhengig av en kontekst med tid og rom. Det er kjønnsforskjeller i denne delen av de kognitive funksjonene som er fokuset i denne prosjektoppgaven. Slike forskjeller kan enten skyldes medfødte anatomiske eller fysiologiske forskjeller eller forskjeller som oppstår på grunn av kultur og miljø.

Romforståelse er essensielt for en arts og et individs overlevelse, og kan forskes på i flere arter. Mens humane studier som f.eks. fMRI kan gi en indikasjon på hvilke hjerneområder som aktiveres i ulike oppgaver og gi gode mål på utføringen av de samme oppgavene, kan dyreforsøk gi mer detaljert informasjon om mekanismene som ligger til grunn. Selv om hjernen til en «labrotte» ser ganske annerledes ut enn en menneskehjerne finner man i grove trekk de samme hjerneområdene med samme nettverksarkitektur, celletyper og mekanismer.

Det er relevant å finne ut om kvinner og menn har ulike forutsetninger for romforståelse, blant annet utfra et utdanningsperspektiv, for å vurdere om undervisningen i skolen bør ta hensyn til slike eventuelle forskjeller. Det er også vist at denne evnen har blitt særlig knyttet til å velge og å lykkes innen forskning, teknologiske- og matematiske fag, inkludert ingeniørfag (3, 4). Det forskerne la vekt på var evnen til å visualisere objekter, og mentalt rotere dem.

Problemstillingen ble dermed å finne ut om hvorvidt tester på romforståelse viser en kjønnsforskjell, og hvilke mulige forklaringer som kommer frem i lys av forskningen. Denne oppgaven ønsker å belyse likheter og forskjeller mellom kjønnene hos både mennesker og dyr. Det er imidlertid ikke klart hvilke av kjønnsforskjellene man ser i dyr som også gjelder for mennesket.

Definisjoner innen romforståelse

Romforståelse omhandler både *navigasjon*, *spatial hukommelse* og *romlig visualisering*. Denne samlebetegnelsen er til dels et resultat av språklige sammenhenger. Rotasjon og navigasjon trenger ikke å være uttrykk for de samme kognitive prosessene. Navigasjon er i denne oppgaven brukt på evnen til å finne frem i omgivelsene sine. Forsøksobjektet er da inne i miljøet der vedkommende orienterer seg i forhold til omgivelsene. Navigasjon kan testes på mennesker og dyr. Orienteringsevnen kan enten basere seg på tilgjengelige landemerker, eller hukommelsen (*spatial hukommelse*). Det finnes flere mulige måter å navigere på. En strategi avhenger av objekters orientering i forhold til andre romlige objekter, såkalt *allosentrisk perspektiv*. Et eksempel vil være å si at huset ligger vest for skolen, eller at cafeen overfor biblioteket. Hvis du har et mentalt kart over nabolaget du bor i kan du for eksempel ta mange ulike veier til butikken. Hvis du får beskrevet at du skal ta første vei til høyre deretter gå 200 m for å komme til en severdighet brukes en egosentrisk strategi. Dette brukes også til å orientere objektene i forhold til deg selv, eksempelvis døren til høyre, bak eller foran. Til tross for at det omtales som strategi, er valget mellom allosentrisk og egosentrisk navigasjon ikke gjort bevisst og de fleste veksler mellom ulike strategier avhengig av situasjonen. Undersøkelser har antydnet at kvinner oftere bruker en egosentrisk strategi, mens menn oftere benytter seg allosentrisk navigasjon (5).

Romlig visualisering handler om å se for seg en gjenstand og hvordan den ser ut når en vrir den om sin egen akse. Det kan testes hos mennesker, hvor man ber forsøkspersonen om å velge riktig 2D-bilde av en 3D-figur som er rotert. I denne oppgaven brukes både romlig visualisering og mental rotasjon for å beskrive denne egenskapen. En review-artikkel fra 2016 konstaterer at kjønnsforskjellene er spesielt uttalt ved mental rotasjon (4).

Hukommelse

Vi skiller mellom to ulike overordnede typer hukommelse: implisitt eller non-deklarativ hukommelse som omhandler ferdigheter og vaner, og eksplisitt eller deklarativ hukommelse som er å huske hendelser eller opplysninger (6). Videre deler vi den eksplisitte hukommelsen inn i *episodisk* og *semantisk*. Episodisk hukommelse omfatter begivenheter, som minner fra

en fødselsdag, gårsdagens middag, eller hvordan du kom deg til jobb i dag. Det er særlig hippocampus som er ansvarlig for dannelsen av nye episodiske minner, og å hente den frem igjen. Den episodiske hukommelsen inkluderer som hovedregel også både informasjon om hvor du var og hvor ting rundt deg var i forhold til hverandre. Derfor er episodisk hukommelse og romforståelse tett knyttet sammen. Semantisk hukommelse er typisk faktakunnskap. Du vet at Oslo er hovedstaden i Norge, men har neppe et episodisk minne av når du lærte dette for første gang. Semantisk hukommelse kan hentes frem uavhengig aktivering i hippocampus (6). Ofte brukes også en egen kategori om *autobiografisk hukommelse*, som omfatter semantisk kunnskap om en selv, i tillegg til episodisk hukommelse fra eget liv (6).

Hjerneområder involvert i spatial kognisjon

Parietallappen er viktig for å oppfatte våre romlige omgivelser (7). Skader i parietallappen kan gjøre det vanskelig for pasienter å bruke og å plukke opp dagligdagse objekter rundt seg, selv om de ser og gjenkjenner objektet. Det kan også føre til neglekt, der pasienten for eksempel ikke kler på den ene kroppshalvdelen, eller bare barberer halve ansiktet.

Temporallappen, særlig hippocampus og områdene rundt (f.eks. *cortex entorhinalis*), er essensielle for navigasjon og spatial hukommelse. Skader i disse områdene fører til svikt i spatial hukommelse. Det er også beskrevet flere typer nevroner med steds spesifikk aktivitet i disse hjerneområdene. Disse cellene danner et mentalt kart over omgivelsene, men det er foreløpig ikke enighet om spatial hukommelse er hippocampus' primære funksjon (8).

Hippocampus mottar sensorisk informasjon (visuell, auditiv, taktil) via entorhinal cortex, samt informasjon fra frontal cortex og thalamus (8). Slik kan vi tenke oss at hippocampus omgjør totalen av sanseinntrykket vårt i dannelsen av minner. Videre vil minnene gradvis flyttes og langtidslagres i neocortex, dermed kan selv pasienter med totalødeleggelse av hippocampus være i stand til å hente frem barndomsminner.

Selv om hippocampus er essensiell for spatiale minner og navigasjon, er den ikke involvert i mental rotasjon. Derimot har fMRI-studier vist at de øvre og nedre parietallappene, frontallappen og ekstrastriatal cortex (okspitalappen) er aktive under rotasjonsoppgaver (9). Aktiveringen i parietallappene øker med økende rotasjonsgrad (9). I en studie der forsøkspersoner skulle gjøre rotasjonsoppgaver på både bilder av hender og av verktøy, så man forskjeller i premotorisk område (10). Begge hjernehalvdeler var involvert i rotasjon av hender, mens bare en var aktivert ved rotasjon av verktøy. Dette kan man tolke som at man

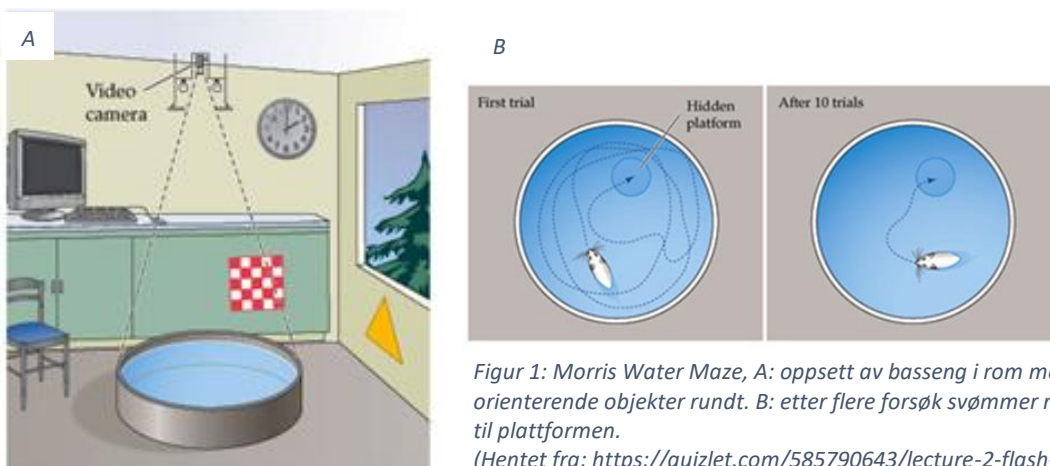
ser for seg hvordan man fysisk ville rotert gjenstanden når man løser disse oppgavene, og at det er mer krevende jo mer objektet er rotert.

Tester

For å undersøke disse ulike aspektene av romforståelse brukes det forskjellige tester. Som nevnt kan navigasjonstester utføres på både mennesker og dyr, mens rotasjonsoppgaver lar seg vanskelig tolke dersom en bruker dyr som forsøkspersoner.

Morris Water Maze

Den mest brukte testen for spatial hukommelse er *Morris Water Maze* (MWM), som ble utviklet av Richard Morris i 1981 (11). Han ønsket å finne en måte å teste episodisk hukommelse på i gnagere. Testen går ut på å plassere en rotte i et rundt basseng hvor den må svømme rundt for å finne en plattform rett under overflaten hvor den kan stå. Hvis rotta kan se plattformen, eller et landemerke viser hvor plattformen er, så er ikke oppgaven avhengig av hippocampus. Derfor er vannet blakket, og rotta kan ikke se hvor plattformen er lokalisert, men må lære seg hvor plattformen er ved å orientere seg etter objekter utenfor bassenget (Figur 1). Etter hvert vil den bruke kortere tid for å finne frem til plattformen samme hvor den blir plassert ut i bassenget. I MWM-forsøk måler man ofte den totale svømmedistansen, samt tiden det tar før subjektet når plattformen. Ofte avslutter man med et testforsøk, der plattformen er fjernet fra bassenget. Da kan andelen av totaltid brukt i riktig kvadrant av bassenget være et mål på rottas hukommelse av plattformens plassering. På denne måten kan man «spørre» om forsøksdyrene husker hva de lærte dagen i forveien. Oppgaven krever at rotten danner seg et bilde av hvor den er i rommet basert på landemerkene utenfor bassenget og dette er en forholdsvis krevende kognitiv oppgave som viste seg å være avhengig av hippocampus. Siden dette både anatomisk og funksjonelt minner om episodisk hukommelse



Figur 1: Morris Water Maze, A: oppsett av basseng i rom med orienterende objekter rundt. B: etter flere forsøk svømmer rotta direkte til plattformen.
(Hentet fra: <https://quizlet.com/585790643/lecture-2-flash-cards/>)

hos mennesker antar man at slik spatial hukommelse er en essensiell del av episodehukommelsen.

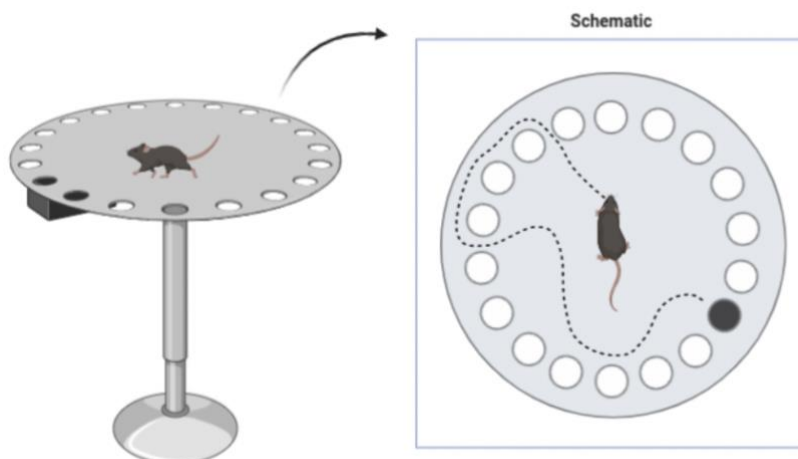
Det er senere utviklet virtuelle versjoner av MWM som brukes i menneskeforsøk, men de er foreløpig ikke standardisert på samme måte (12). Da kan subjektene navigere rundt i åpne landskap eller små rom på leting etter objekter, enten som et virtuelt basseng eller på tørt land.

Åttearmet labyrint

En annen metode for å undersøke navigasjon på hos dyr er en åttearmet labyrint, utviklet av Olton og Samuelson (13). Der identiske korridorer stråler ut av et sentrum (Figur 5). Selv om man ved forsøk ikke trenger å holde alle korridorene åpne, vil jeg referere til denne testen som åttearmet labyrint. Ved å legge mat i endene av korridorene kan man ved repetitive forsøk belønne rotter for å huske romlig plassering. Det er ved den åttearmede labyrinten definert ulike typer feil: *reference memory error* er å gå til en korridor som aldri har inneholdt belønning, *working memory error* er å gå inn igjen i en korridor som allerede er besøkt, og maten alt er spist.

Barnes maze

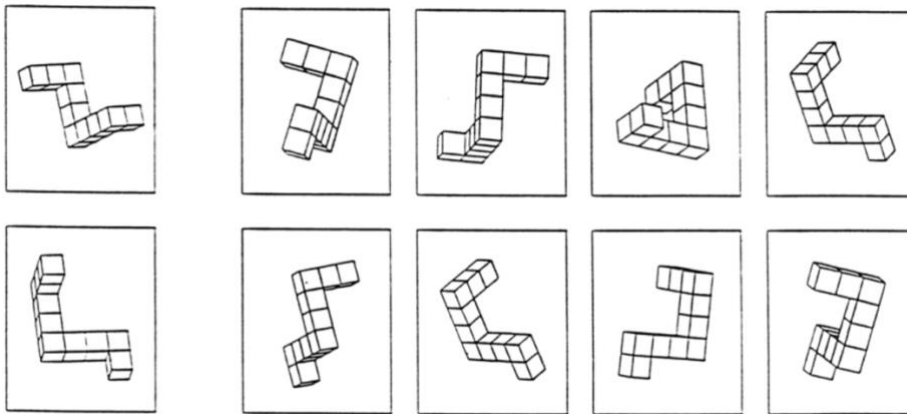
Barnes maze benytter gnageres medfødte agorafobi, der den plasserer rotter eller mus på et rundt, åpent bord. I bordet, langs kanten, er det hull plassert med lik avstand mellom hverandre. Kun ett av hullene har en boks under som gnageren kan gjemme seg i. Subjektet får undersøke bordet, og blir etter hvert vist riktig hull, dersom den ikke finner det selv. Ved repetitiv testing vil gnageren raskere finne frem til riktig hull for å gjemme seg.



Figur 2: Barnes Maze, dyret plasseres på bordet og under ett av hullene er det en boks som dyret naturlig vil oppsøke og gjemme seg i.
(Hentet fra Thornberry et al., Rev Neurosci. 2021;32(8):887-90)

Mental Rotation Test

For å undersøke romlig visualisering er Vanderberg og Kuses *Mental Rotation Test* (14) mye brukt. Den består av oppgaver hvor man får et utgangsbilde av en tredimensjonal figur, og fire valg hvor to av alternativene er den samme figuren rotert rundt seg selv. De to andre alternativene viser enten speilbilder av utgangsfiguren, eller helt andre figurer. Tiden man bruker til å bestemme om en figur er den samme eller ikke, øker med økende antall grader figuren er rotert. I tillegg øker antall feil med økende grader rotasjon. Det indikerer at testpersonene utfører en mental rotasjon, og derfor er dette en test på romlig visualisering. Forsøkspersoner blir ofte instruert til å bruke minst mulig tid på oppgavene, og ofte er det makstid på tre minutter. Både reaksjonstid og antall korrekte svar kan måles for å vurdere gjennomføringen.



Figur 3: Mental rotation test, forsøkspersonen blir vist bildet til venstre og skal si hvilken av de fire bildene til høyre som er samme figur. (Hentet fra Silverman et al. *Evol Hum Behav.* 2000 May 1;21(3):201-213)

fMRI

Funksjonell MR, eller fMRI, er en bildeteknikk som indirekte måler hjerneaktivitet ved å detektere endringer i blodstrøm og oksygeneringen av blodet (15). Økt aktivitet i nervecellene gir økt metabolisme, økt forbruk av oksygen og økt tilstrømning av blod til området. Dermed kan fMRI vise hvilke deler av hjernen som har økt aktivitet når man utfører en oppgave.

Metode

I denne oppgaven har jeg tatt utgangspunkt i et systematisk søk, etter relevante artikler publisert de siste ti årene. Søket skal være reproducerbart gjennom beskrivelsen under.

Litteratursøk

Søket ble utført gjennom advanced-funksjonen i databasen Pubmed, som er den åpne tilgangen til Medline, den 22. november 2021. Første kriterium var at ordene *spatial*

cognition, spatial navigation eller *spatial rotation* skulle være inkludert i tittel eller abstract. Andre kriterium var at ordet *sex* skulle stå i tittel. Dette søket resulterte i 72 artikler. Deretter ble søket begrenset til de siste ti årene, som ekskluderte 26 artikler (Figur 1: flytskjema). Disse 26 artiklene er ikke med blant litteraturlisten. Søket så da slik ut:

```
((spatial cognition[Title/Abstract]) OR (spatial navigation[Title/Abstract])) OR  
(spatial rotation[Title/Abstract]) AND (sex[Title]) AND (2011:2021[pdat])
```

Eksklusjons- og inklusjonskriterier

Inklusjons- og eksklusjonskriterier var definert på forhånd. De inkluderte artiklene skulle være publisert i 2011 eller senere, og undersøke basal romforståelse ved eksperimentelle tester hos enten mennesker eller dyr. Metoden måtte være lagt opp slik at de sammenliknet kjønnene.

Inklusjon

Søket hadde 49 treff, og alle artiklene ble vurdert basert på tittel og abstract. Unntaksvis var det nødvendig å vurdere hele teksten. I henhold til kriteriene ble review-artikler og meta-analyser sortert ut (4, 16-18), samt artikler som ikke hadde romforståelse som hovedutfall i sine undersøkelser (19-21). Til slutt ble kliniske artikler som undersøkte ulike sykdommers påvirkning på romforståelse, som hypertensjon, diabetes, epilepsi, kognitiv svikt, alkoholmisbruk og traumer i barndommen (22-29), eller legemidler som kunne brukes for å unngå skade fra sykdom eller anestesi (30, 31) ekskludert (Figur 1). Slik ble det endelige artikkelutvalget på 32 eksperimentelle artikler. Disse artiklene ble deretter sortert etter om de beskrev forsøk på mennesker eller dyr, hva slags test de hadde benyttet, og om det ble foretatt strukturelle undersøkelser med fMRI.

Analyser

De 32 artiklene ble sortert etter hvorvidt de undersøkte navigasjon ($n = 25$) eller rotasjon ($n = 8$), der fire artikler kvalifiserte til begge kategorier (Figur 7). To av artiklene brukte tester som falt litt på siden av definisjonene navigasjon eller rotasjon. Det gjaldt en artikkel som testet fuglers evne til å trykke på ulike firkanter på en berøringsskjerm i riktig rekkefølge (32), samt en artikkel som fikk barn til å forutse hvilket av tre rør en ball ville komme ut av (33). Jeg har valgt å sette disse to artiklene sammen i en egen kategori: romforståelse i liten skala.

Videre ble alle artiklene kodet etter forfatter, årstall, arten i forsøket, antall kvinner, antall menn, gjennomsnittsalder på forsøksindividene, hva hovedmålet var, hvilken test som var

utført, og hvilket resultat de fikk. Navigasjonsartiklene ble i tillegg beskrevet etter hvilket perspektiv testene var utført i, enten i fugleperspektiv der testpersonen så omgivelsene ovenfra, eller i et førstepersonsperspektiv der personen var i miljøet (Tabell 1).

Resultater

Oversikt over ulike typer studier

Av de 25 inkluderte artiklene som undersøkte navigasjon var det fjorten forsøk gjort på mennesker, hvorav to også hadde undersøkt forsøksobjektene med fMRI. Åtte av fjorten menneskeforsøk var utført i USA, resten fordelt mellom land i Europa (fem, Østerrike, Nederland, Italia/Spania) og Kina (ett). Syv av fjorten tester var utført med en virtuell undersøkelse, ofte en versjon av MWM (fire). Testobjektene varierte i alder, hvor de yngste tilhørte en studie på ni- til elleveåringer. Vanligst var det å undersøke unge voksne, ofte studenter.

Av fjorten artikler med dyreforsøk var seks utført med rotter, og de resterende med andre pattedyr (flaggermus, hunder, mus, pandaer, otere) eller fugler. Fire studier brukte MWM eller en versjon av denne, tre brukte en åtte-armet labyrint, og tre brukte en annen form for labyrint (Barnes maze, fire-armet labyrint). To studier brukte ikke labyrint-baserte tester.

Av de ni artiklene som omhandlet rotasjon, var fire fra USA, to fra Kina, og de resterende fra land i Europa (Irland, Tyskland, Nederland). Åtte av ni artikler undersøkte rotasjon med en versjon av mental rotation test, mens den siste målte tiden babyer observerte bilder av nye og fremmede figurer. Én studie undersøkte også deltakerne med fMRI.

I resultatdelen er kun resultater relevante for de underliggende kjønnsforskjellene rapportert. De fleste studiene undersøkte mer en basale forskjeller, og noen av disse resultatene er presentert i diskusjonsdelen.

Navigasjon hos mennesker

Syv artikler brukte en virtuell versjon av MWM eller en liknende orienteringsoppgave for å undersøke voksne mennesker. Oppgaven går ofte ut på å først finne et synlig objekt, og i påfølgende forsøk navigere seg frem til samme plassering, uten at objektet er synlig. Man kan bruke avstanden mellom slutt-plassering og den faktiske plasseringen som et mål på feil, samt måle total distanse og tid brukt på å finne frem, dersom målet kan finnes. Generelt sett fant de små kjønnsforskjeller som viste en fordel for menn. Det var kun studien med færrest deltakere

(syv kvinner, åtte menn) som fant at menn og kvinner gjorde det like bra i alle målte parametere (34).

De resterende syv artiklene brukte andre former for tester, og kun én artikkel fant at menn og kvinner gjorde det like bra i en førstepersons labyrint-test (35). De resterende artiklene rapporterte om bedre resultater hos menn, med unntak i en del-oppgave hvor spatial hukommelse ble testet i fugleperspektiv.

Ingen av studiene gjort på mennesker viste resultater hvor kvinner gjorde det best.

Forsøk med vMWM-liknende tester

I forsøket til Daugherty et al. (36) fant de at kvinner hadde økt total distanse og de gikk lenger før de fant frem, i en mindre direkte rute enn menn, uavhengig av alder og videospillerfaring. I forsøket til Nowak et al. (37) blir både menn og kvinner bedre på å finne plattformen i bassenget etter som de prøver flere ganger. Menn viste en ikke-signifikant trend til å finne plattformen med kortere distanse i prøve-forsøkene. Her ble det også utført et testforsøk, som viste at menn «svømte» mer i riktig kvadrant enn hva kvinner gjorde, uavhengig av videospillerfaring. Til slutt ble forsøkspersonene bedt om å markere plattformen på et kart av bassenget, og det var ingen kjønnsforskjeller. I tillegg så de på effektene av fritt testosteron og testosteronreseptor. I en MWM-liknende studie utført av Yasen et al. (38) fikk testpersonene to minutter på å navigere tilbake til stedet hvor de tidligere hadde funnet et objekt. Dersom de ikke fikk det til, kom det piler frem på skjermen for å peke dem i riktig retning. Menn fant raskere frem til det skjulte objektet enn kvinner, men det var ingen forskjell i andel tid brukt i testforsøket.

I motsetning til studiene over, fant Sneider et al. (34) ingen forskjeller i distanse eller antall gjennomførte forsøk mellom kvinner og menn i vMWM. En liknende studie av samme forfattere (39) noen år senere, fant ingen forskjell mellom menn og kvinner i forsøk med skjult plattform som tidligere, men ved et testforsøk var menn raskere til å nå korrekt kvadrant, samt brukte en større andel av total tid i riktig kvadrant sammenliknet med kvinner.

Ett forsøk undersøkte barn i alderen ni til elleve i en virtuell verden (40), der de skulle finne tilbake til stedet hvor de tidligere hadde funnet en hund. Både guttene og jentene gjorde det like riktig i oppgaven, men guttene var raskere. Økende alder hos gutter økte også hastigheten, noe den ikke gjorde for jenter. Guttene hadde mye mer dataspillerfaring enn jentene, men justerte analyser viste ingen effekt av dette.

I forsøket til Padilla et al. (41) ble testpersoner undersøkt i en virtuell verden med to ulike størrelser (36 m og 146 m), som hadde kun en av to ulike former for kjennemerker man kunne orientere seg etter: nære og fjerne. De nære kjennemerkene var trær og blomster, og de fjerne var fjell og skyer i horisonten. De fant ingen kjønnsforskjeller i testen med liten skala og nære kjennemerker. Derimot gjorde menn det bedre i både liten test med fjerne kjennemerker, og i den store testen, målt som kortere avstand fra antatt målpunkt til faktisk korrekt målpunkt. Det er til forskjell fra denne metoden, ingen proksimale kjennetegn i en MWM.

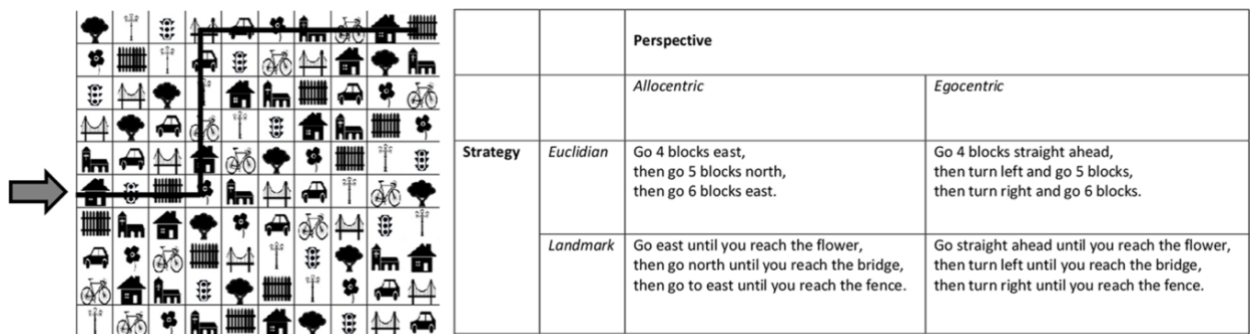
Forsøk med andre typer tester

I forsøket til Kober et al. (42) skulle menn og kvinner navigere rundt i en virtuell labyrint, hvor det var plassert objekter man kunne bruke til å huske hvor man var. Først fikk de bevege seg fritt rundt, samtidig som de kunne se et kart over labyrinten. Deretter ble de bedt om å finne ulike objekter, og til slutt svare om objektet var plassert riktig på et kart over labyrinten. Forskerne fant ingen forskjeller mellom menn og kvinner i noen del av forsøket. Derimot fant Yu et al. (43) at menn var bedre til å finne frem enn kvinner, og at menn oftere enn kvinner brukte snarveier. De gjorde også et forsøk der de testet menns og kvinners evne til å gå i en usynlig sirkel rundt et objekt, og stoppe når de trodde de hadde kommet 360 grader rundt. De fant at både menn og kvinner gjorde det dårligere jo større sirkelen ble, i tillegg gjorde menn og kvinner det like dårlig, men at kvinner overestimerte distansen i kontrast til menn som ikke gikk langt nok (43).

Tascón et al. (44) undersøkte totalt 287 studenter fra Spania og Italia i tre ulike tester for spatial hukommelse. Likt for de tre testene var at man sto inne i et virtuelt rom med flere identiske bokser, og skulle huske hvilke bokser som inneholdt en premie. I to av testene står du i rommet og ser boksene fra et førstepersonsperspektiv, men bare i den ene kunne man bevege seg rundt i rommet. I den tredje testen så man rommet fra et fugleperspektiv, fra en av de fire veggene. Hvilken vegg som var nærmest deg varierte fra oppgave til oppgave, slik at resten av rommet ble rotert deretter. De fant at menn gjorde færre feil enn kvinner i de to oppgavene hvor man så rommet i førstepersonsperspektiv, men menn og kvinner gjorde det like bra i testen hvor man så rommet ovenfra.

To studier (5, 45) i Østerrike ved samme institutt benytter en annen test for romlig forståelse. Her fikk deltakerne utdelt et todimensjonalt rutenett med 10x10 dagligdagse figurer. Deretter skulle man tegne opp en sti gjennom rutenettet etter en liste med instruksjoner som enten var egosentrisk orientert (ta til venstre ved blomsten) eller allosentrisk (gå nord når du treffer blomsten). I tillegg skilte den på kommandoer med bruk av figurene eller ved å telle ruter.

Både Scheuringer et al. (45) og Pletzer et al. (5) rapporterte at menn var noe raskere enn kvinner til å løse oppgaven. I tillegg fant Scheuringer forskjeller mellom kvinner i ulike faser av menstruasjonssyklusen i hvilken strategi de gjorde det best i (kvinner i luteal fase brukte lenger tid på allosentriske kommandoer, og kortere tid på egosentriske kommandoer sammenliknet med kvinner i follikulær fase). Det var ingen forskjeller i strategi mellom menn og kvinner.



Figur 4: Til venstre er en 10x10 matrise med ulike figurer som testpersonen bruker til å finne veien til «mål». Til høyre er kommandoer for å løse oppgaven med ulike strategier. (Hentet fra Scheuringer et al. (44))

Vashro et al. (46) rapporterte om kjønnsforskjeller mellom menn og kvinner tilhørende en urfolksstamme i Namibia. De fant ut via GPS-tracking at menn gikk dobbelt så langt som kvinner daglig. De oppga også å ha besøkt flere steder enn kvinner, og de hadde mindre feil i en oppgave der de ble bedt om å peke i retning av ulike landemerker som lå 10 til 130 km unna.

I studien til Kong et al. (35) ble navigasjonsevner vurdert via et selvrapporteringsverktøy – Santa Barbara Sense of Direction Scale, med 15 påstander om egne ferdigheter man må si seg enig eller uenig i. Menn scoret høyere enn kvinner.

fMRI i navigasjon

Kun artiklene til Sneider et al. (34) og Kong et al. (35) inkluderte en del med fMRI-forsøk. Sneider et al. (34) undersøkte menn og kvinner med fMRI i en virtuell versjon av MWM, i to ulike forsøk: både med synlig og usynlig plattform. Når plattformen var skjult, var det en forskjell i hippocampus-aktivering, hvor kvinner hadde større aktivering på høyre side, og menn større på venstre side. Det var også en forskjell i parahippocampus, hvor menn hadde mer aktivering i fremre del, mens kvinner hadde økt aktivering i bakre del av parahippocampus. Menn hadde ingen aktivering i parahippocampus når plattformen var synlig, i motsetning til kvinnene.

I artikkelen til Kong et al. (35) ble fMRI utført mens testpersonene ble vist bilder av omgivelser eller objekter. Deretter ble forskjellen i aktiveringen mellom disse to stimuliene analysert. De fant tre områder som ble aktivert selektivt på bilder av omgivelser: parahippocampal place area (bakre del av parahippocampal cortex), occipital place area (i oksipitalsulcus), og retrosplenial complex (i gyrus cinguli, med nærhet til hippocampus). Derimot var det bare parahippocampal place area som skilte seg mellom menn og kvinner, hvor kvinner hadde økt aktivering på både høyre og venstre side.

Navigasjon hos dyr

Blant elleve dyreforsøk var det fire som hadde benyttet MWM, tre brukte en åtte-armet labrynt, et brukte Barnes maze, to brukte andre labrynter, og et forsøk brukte en metode der hunder skulle kopiere bevegelsene til eierne sine.

Forsøk med MWM

Av de fire studiene med MWM var det tre som rapporterte at hannrotter svømte en kortere distanse for å finne den skjulte plattformen, og to som rapporterte at hannrotter gjorde det bedre i testforsøkene.

Chow et al. (47) rapporterte at hunnrotter brukte lenger tid, og svømte lenger for å finne den skjulte plattformen, sammenliknet med hannrotter. Men det var derimot ingen kjønnsforskjell i testforsøket. I forsøket til Brydges et al (48) svømte hunnrotter fortere enn hannrotter, men hannrotter nådde frem til plattformen på en kortere distanse. I testforsøket brukte hannrotter en større andel av total tid i riktig kvadrant.

I motsetning til disse studiene fant Devan et al. (49) ingen kjønnsforskjeller i sine forsøk. De utførte tre ulike faser av en studie med MWM, der rottene i første fase skulle finne den skjulte plattformen etter normal metode. Det var ingen kjønnsforskjell i tid, distanse eller retning. De utførte deretter en ny serie med forsøk hvor plattformen var plassert i den diagonalt motsatte kvadranten, men fremdeles var det ingen kjønnsforskjeller i rotnenes resultater. I den siste fasen av studien utførte de testforsøk der det totalt sett ikke var noen kjønnsforskjell. Men siden de argumenterer for at subjektene kan endre strategi når de ikke finner igjen plattformen der de husker at den var, undersøkte de også bare de første 20 sekundene av testforsøket. Det viste at hannrotter oftere krysset lokalisasjonen der plattformen tidligere hadde vært, både i de første og andre fasene, sammenliknet med hunnrotter. Denne studien undersøkte i tillegg hvor stor andel av tiden som ble brukt i periferien av bassenget (definert som den bassengets

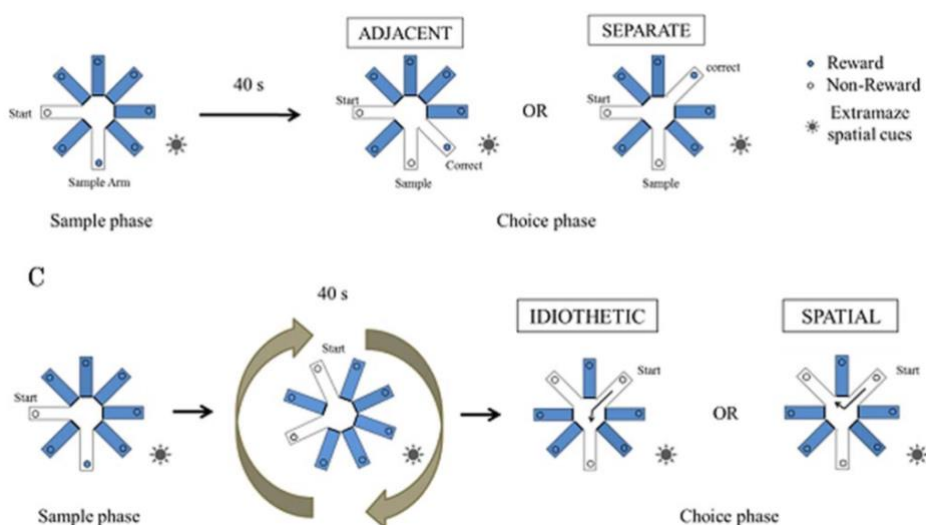
ytre tredjedel). De fant at hunnrotter brukte mer tid i periferien enn hannrotter, selv om de andre resultatene (tid, distanse) var like.

Keeley et al. (50) bruker en modifisert versjon av MWM, hvor plastbrett er satt ned i bassenget for å danne et hjørne. Bassenget sett ovenfra ser da ut som en rettvinklet trekant hvor den ene siden er buet. Hjørnet kaller de et geometrisk kjennemerke, og ballongen de setter utenfor, et landemerke. De rapporterte om at hannrotter brukte kortere tid og distanse på å nå plattformen, sammenliknet med hunnrotter i ulike faser av syklus. De fant ingen forskjeller i testforsøket. De fant en kjønnsforskjell i hvilken retning rottene svømte i. Hannrotter foretrakk det geometriske kjennemerket (hjørnet av bassenget), og hunnrotter foretrakk landemerket utenfor (ballongen).

Forsøk med åttearmet labyrint

De tre artiklene med variasjoner av en åttearmet labyrint har brukt ulike arter av dyr. Men samlet sett viser de at hannkjønnsdyr gjorde det bedre enn hunnkjønnsdyr, men kanskje bare i vanskelige oppgaver. Samt at kjønnsforskjellene forsvinner hos dyr som ikke er vant til å navigere over store områder.

I forsøket til Yagi et al. (51) brukte de tre åpne korridorer i en åttearmet labyrint. En rotte begynner i en korridor, og har lært at det finnes mat i én av de to andre åpne korridorene. De skiller mellom vanskelighetsgrader i oppgavene, med hypotesen om at det er vanskeligere å skille to nærliggende korridorer fra hverandre enn to som har større vinkel mellom seg. De fant kun kjønnsforskjeller mellom de nærliggende korridorene, hvor hannrotter oftere valgte riktig korridor. I tillegg utførte de et ekstra forsøk der de roterte på labyrinten slik at rottene



Figur 5: Viser hvordan de skilte mellom vanskelige (adjacent) og lette (separate) oppgaver, og kategoriserte egosentrisk (idiothetic) og allosentrisk (spatial) strategi. (Hentet fra Yagi et al. (51))

begynte i et nytt utgangspunkt. Da kunne de kategorisere rottene etter om de brukte en egosentrisk strategi, og gikk til høyre som tidligere, eller en allosentrisk strategi, og valgte korridoren som lå ved siden av et landemerke utenfor labyrinten. Forskerne fant at blant rottene som brukte en egosentrisk strategi var det ingen kjønnsforskjell. Derimot var det blant de allosentriske rottene en kjønnsforskjell, hvor hannrotter klarte den «vanskelige» oppgaven med å skille nærliggende korridorer bedre enn hunnrotter.

Corre et al. (52) brukte Four Core Genotype mus til å teste om hormoner eller kromosomer er mest utslagsgivende i romforståelse. Der vil mus med hunnskjønnsgonader både ha XX kromosomer og XY, det samme gjelder for mus med hannkjønnsgonader. I motsetning til forsøket til Yagi et al., ble musene her plassert i sentrum av labyrinten, og de var opplært til at fire av korridorene hadde belønning. Deretter ble det telt hvor mange riktige og gale valg musene gjorde. Resultatene viste en interaksjon mellom gonadekjønn og testdag, hvor fenotypiske hannkjønnsmus lærte hvor maten var raskere enn hunnkjønnsmus, og gjorde færre feil. Det var ingen liknende effekt mellom kromosomsammensetning og dager.

Hannmus gjorde færre reference memory errors (definert som å gå inn i korridorer som aldri inneholdt mat). Ingen av musene fikk færre working memory errors (å gå inn i samme korridor to ganger).

Den siste artikkelen som bruker en variant av åtte-armet labyrint er Perdue et al. (53). De ville teste om romlig forståelse endrer seg hos pattedyr med endret rekkevidde. De sammenliknet derfor otere (som er monogame, og derfor ikke reiser langt for å finne make) med pandaer (hvor hannens reproduksjon avhenger av at han kommer seg rundt til flest mulig damepandaer). Testen gikk ut på å finne mat i fire av åtte bokser som var plassert i en sirkel med lik avstand mellom seg. Otere viste ingen kjønnsforskjeller i antall feil, men hannpandaer var bedre enn kvinnelige pandaer, ved at de gjorde både færre reference memory errors og færre working memory errors.

Forsøk med andre tester

Fire forsøk på dyrs navigasjonsferdigheter har brukt unike metoder, og ulike arter, som gjør det vanskeligere å sammenlikne. Særlig gjelder det flaggermus som benytter ekkolokalisering, og fugler som er i en annen biologisk klasse enn pattedyr.

Locklear et al. (54) brukte Barnes Maze til å undersøke rotter. De benyttet fem kategorier: hunnrotter, hannrotter, og gonadektomerte hannrotter som fikk enten substitusjonsterapi med testosteron, østrogen eller ingen hormoner. Forsøket viste at kontroll-hannrottene ble mer

målrettede og fant riktig hull raskere. Derimot benyttet hannrottene en strategi hvor de undersøkte hvert hull systematisk med eller mot klokka, til de kom frem til riktig hull, og tiden de brukte ble derfor ikke like mye forbedret over flere dager som den ble for hannrottene. Blant de gonadektomerte hannrottene var den gruppen som ikke fikk substitusjonsterapi dårligere på å finne riktig hull, mens rottene som fikk enten testosteron eller østrogen hadde resultater som var på linje med kontrollhannene.

Schmidtke et al. (55) undersøkte kjønnsforskjeller i flaggermus' bruk av ekkolokalisering, ved å la de fly gjennom en tunnel. Hunflaggermus brukte lenger tid på å lære seg å fly gjennom, men når forskerne satte inn hindre, var både hanflaggermus og hunflaggermus like raske gjennom tunnelen. I det siste forsøket fjernet de det siste hinderet, og det gjorde at noen av hunflaggermusene brukte ekstra tid på å komme gjennom, noe som kan indikere at de var mer avhengige av det som orienteringspunkt enn det hanflaggermusene var.

Fugler (n = 37) ble testet i en fire-armet labyrint i forsøket til Kosarussavadi et al. (56). Fuglene hadde lært at det lå mat i én av fire korridorer, og fikk starte i en av de tre andre. I opplæringsfasen var hanfuglene raskere til å lære plasseringen av mat, men i påfølgende forsøk fem og ti dager etter var det ingen kjønnsforskjell i hvem som husket hvor maten var (n = 16). Dette er sammenliknbart med resultatene fra MWM, hvor hanrotter ofte gjør det bedre i å navigere seg frem til plattformen, men resultatene varierer i testforsøk.

Fugazza et al. (57) undersøkte hunders evne til å gjenta bevegelsene eierne deres akkurat hadde utført, som gikk ut på å gå mot et av to punkter på hver sin side i en hage. Det kunne på samme måte som i andre metoder løses med en allosentrisk (hunden går mot plasseringen ved siden av stolen) eller egosentrisk (hunden går mot venstre). 15 av 16 hunder tolket oppgaven i allosentrisk perspektiv. Når forskerne gjorde om på oppgaven for å tvinge hundene til å bruke egosentrisk perspektiv (de ble ikke belønnet for å velge feil), krevde det færre forsøk for hanhunder enn for tipser å nå det nye korrekte punktet tre påfølgende ganger.

Rotasjon

Totalt åtte artikler undersøkte romforståelse hos kvinner og menn ved å bruke Mental Rotation Test (MRT). En studie undersøkte babyer på seks måneder (og brukte ikke MRT), en annen sammenlikner ungdommer (12-15 år) med unge voksne (18-25 år). De andre studiene undersøkte kun voksne fra 18 år. Seks av åtte studier rapporterte at menn var raskere og/eller mer korrekte i utførelsen av MRT enn kvinner. To rapportere ingen kjønnsforskjeller. Ingen

studier viste resultater der kvinner gjorde det bedre enn menn, selv om en studie viste en ikke-signifikant trend for at kvinner var hurtigere ved rotasjon av hender.

Campbell et al. (58) undersøkte både den klassiske rotasjonen av tredimensjonale figurer, i tillegg til bilder av hender. De fant ingen kjønnsforskjeller i tid eller antall korrekte oppgaver for hverken rotasjon av tredimensjonale boks-figurer eller bilder av hender. De trekker frem en ikke-signifikant trend hvor kvinner var raskere enn menn i rotasjon av hender.

Kong et al. (35) utførte MRT på sine forsøkspersoner med begrenset tid, men de fant ingen forskjell i antall korrekte svar mellom menn og kvinner.

Derimot rapporterte både Yasen et al., Hegarty og Long et al. (38, 59, 60) at menn utførte MRT bedre enn kvinner i tester gjort med utvalg av unge voksne. Det samme gjorde Sneider et al. (39), men de sammenliknet også ungdommer i alderen 12-15, som ikke viste noen forskjell i rotasjonsevne.

Studien til van Hemmen et al. (61) undersøkte MTR hos menn, kvinner og personer med komplett androgeninsensitivitetssyndrom (CAIS) som til tross for XY-kromosomer har ytre kvinnelige kjønnsorganer, grunnet manglende effekt av testosteronreseptor. Deres resultater viste at alle tre gruppene fikk til like mange oppgaver, men at menn var raskere enn kvinner og personer med CAIS.

I studien med det namibiske urfolket, av Vashro et al. (46), var menn både raskere og mer korrekte i oppgaven med mental rotation.

Erdmann et al. (62) undersøker seks måneder gamle babyer i et forsøk der de ser en video av en figur laget av klosser, liknende de som blir brukt i MRT. Figuren roterer sakte mot en mørk bakgrunn, og det blir målt hvor lenge hver baby ser på figuren. Tiden stopper hvis babyen ser bort i to sekunder eller etter det har gått ett minutt. Deretter får de se en video av den speilvendte figuren. Det var ingen forskjell i hvor lenge gutte- og jentebabyene så på de to figurene. Hvorvidt dette tester mental rotasjon eller en annen form for gjenkjenning er uklart.

fMRI i rotasjonsoppgaver

Siden Kong et al. (35) ikke brukte rotasjon som stimuli da de undersøkte forsøkspersonene med fMRI er de resultatene kun kommentert i kapittelet om navigasjon. Derimot har van Hemmen et al. (61) utført fMRI samtidig som testpersonene svarte på om to figurer de så var like eller speilvendte. Resultatene viste at både kvinner og menn hadde bilateral aktivering i parietallappens øvre og nedre områder, som også strakk seg inn i oksipitallappen. Det var

også aktivering i frontallappen. De fant kjønnsforskjeller, der menn hadde større aktivering i nedre, venstre parietallapp, sammenliknet med kvinner. Det var ikke signifikant forskjell for nedre, høyre parietallapp ($p = 0.094$) som de hadde ventet, men rapporterer en trend for begge hjernehalvdeler i samsvar med tidligere forskning, tross for p-verdi over cut-off.

Romforståelse i liten skala

To studier falt utenfor kategoriene navigasjon og rotasjon.

Guigueno et al. (32) testet en art med fugler, hvor hunnen legger egg i andre fuglers reir, med hypotesen om at hunfuglene dermed vil ha økt spatial hukommelse sammenliknet med hanfuglene, i likhet med resultater fra stor-skala navigasjon. Fuglene ble plassert foran berøringsskjermer, og lært opp til å hakke på firkanter vist på skjermen i en bestemt rekkefølge. I motsetning til hypotesen, gjorde hanfuglene det bedre i denne oppgaven enn hunfuglene.

Joh (33) testet barn i alderen tre til fire år, i en oppgave hvor tre plastrør sto i et stativ, og det ble sluppet en ball inn i åpningen av ett av rørene. Fordi rørene byttet plass ville ikke ballen komme ut av det midterste røret nederst på stativet selv om den ble sluppet inn i det midterste hullet. Barna skulle gjette hvilket hull ballen ville komme ut av. Uten trening var det ingen forskjell mellom gutter og jenter, men med trening ble guttene bedre til å gjette riktig, men trening hadde ingen effekt på jentene.

Effekt av kjønnshormoner på navigasjon og rotasjon

Flere av studiene undersøkte effekten av hormoner på navigasjon- og rotasjonsevner. I en navigasjonsstudie gjort på mennesker, undersøkte Nowak et al. (37) sammenhengen mellom suksess i virtuell MWM og androgenreseptoraktivitet, og fant at hos menn med lav reseptoraktivitet, og kvinner med høy aktivitet, var lave totalnivåer av testosteron assosiert med bedre resultater i navigasjonstester. Derimot ble det i forsøket til Scheuringer et al. (45) ikke funnet noen interaksjon mellom hverken østrogen, progesteron eller testosteron på resultatene i forsøket med 10x10 matrise. I rotasjonsstudien til van Hemmen et al. (61) var resultatene for personer med androgeninsensitivitetssyndrom likt som for kvinner, som igjen var mye lavere enn for menn.

I dyreforsøkene var det to forsøk som la vekt på kjønnshormoner. I studien til Locklear et al. (54) klarer han- og hunrotter å lære seg Barnes Maze like raskt, men de gonadektomiserte hanrottene uten substitusjonsterapi brukte mye lenger tid, og scoret dårligere på den siste testen en uke senere. Rottene som fikk substitusjonsbehandling med testosteron eller østrogen

klarte seg like bra. Som beskrevet over ble hanrottene mer direkte i sin vei til målet, mens hunrottene sjekket alle hull. Der var kontroll-hanrottene og rottene med testosteronbehandling bedre enn de rottene som enten fikk østrogen eller ingen hormonsubstitusjon. I forsøket til Corre et al. (52) var det kun kjønns hormoner som påvirket romforståelse (navigasjon), ikke kjønnskromosomer. Derimot var det ulike områder i hjernen til musene som ble påvirket av enten kromosomer eller hormoner (undersøkt med MR). Eksempelvis hadde gonadefenotypiske hanrotter (med enten XX eller XY kromosomer) økt volum iblant annet amygdala og hypothalamus, sammenliknet med hunrotter. Motsatt hadde hunrottene økt volum i parietal- og temporallappene.

For å oppsummere viste 27 av 32 artikler gjennom en eller flere parametere en kjønnsforskjell i mannlig favør. Men det er vanskelig å sammenlikne studier som har så mange ulike metoder. Dersom en teller studier som i delresultater viser ingen kjønnsforskjeller er tallet 20 av 32. Det eneste delresultatet som viser en kvinnelig fordel, var rotasjon av bilder av hender (58).

Diskusjon

Resultatene fra 32 artikler viste mange ulike måter å teste romforståelse mellom kjønn hos mennesker og dyr. Majoriteten av studiene (27 av 32) viste en fordel i mannlig retning, selv om ulike metoder og målte parametere er forskjellige og dermed vanskelig å sammenlikne. Få av studiene rapporterte et forholdstall på kjønnsforskjellene, men tidligere meta- og litteraturstudier anslår at forholdstallet er medium til stort for rotasjon (Cohens d mellom 0,50 og 1,28) og, og lite til medium for navigasjon (d mellom 0,34 og 0,38) (4, 17).

Selv om det er rapportert signifikante kjønnsforskjeller innen kognitive egenskaper, er normalfordelingskurvene stort sett overlappende, og man kan argumentere for at vi kan ignorere forskjellene, eller at å sette søkelys på forskjeller går imot ønsket om et likestilt samfunn. I tillegg blir forskning på kjønnsforskjeller i hjernen kritisert for mistolkning av resultater, lav statistisk signifikans og publication bias (1). At vi som samfunn er så opptatt av kjønn at vi ivrig leter etter forklaringer med ny teknologi, som finner små forskjeller uten noen praktisk betydning. Men kanskje er forskjeller i kognitive egenskaper en inngangsport for å forstå kjønnsforskjeller i hjernen, og også sykdommer som rammer den. Vi vet at prevalensen for forskjellige psykiatriske lidelser rammer kjønnene skjevt. Blant unge, har gutter økt hyppighet av autismespekterlidelser og hyperkinetiske forstyrrelser, mens i jenter i ungdomsårene har mye høyere prevalens av depresjon enn gutter (63). I forbindelse med

utvikling av medisiner mot hjernelidelser så er det viktig å vite om det er strukturelle og funksjonelle kjønnsforskjeller på hjernen, slik at man en gang for alle får et argument for å teste nye medisiner på begge kjønn. De neste avsnittene vil vurdere noen mulige årsaker til kjønnsforskjeller i romforståelse.

Biologiske årsaker til kjønnsforskjeller kan være strukturelle eller funksjonelle. Noen av studiene, presentert i resultatdelen, undersøkte størrelsen på ulike områder som brukes i romforståelsesoppgaver. Keeley et al. (50) rapporterte at hippocampus' volum var lik mellom hunrotter og hanrotter, men varierte med hunrottenes syklus. Volum av hippocampus var assosiert med kompleksitet og distanse i MWM-testen til Daugherty et al. (36). Både hos Yagi et al. og Keeley et al. (50, 51) hadde hanrotter større gyrus dentatus enn hunrotter, og Yagi viste i tillegg økt nevrondannelse i dette området hos hanrotter som benyttet en allosentrisk strategi (se figur 5). Derimot fant Keeley (50) økt volum i entorhinal cortex hos hanrottene, som korresponderte til deres økte romforståelse. Hos mennesker fant Daugherty et al. (36) at økt volum i hippocampus og parahippocampus var korrelert med mer direkte ruter i navigasjonstester, men hadde ingen sammenheng med total tid eller distanse.

Det kan være mer interessant å se på aktiviteten i et hjerneområde fremfor størrelsen. Resultatene fra fMRI-studiene er ikke sammenliknbare, men alle tre fant ulike forskjeller i aktivering i ulike hjerneområder mellom menn og kvinner, i både navigasjon- og rotasjonsoppgaver.

Ved å undersøke *immediate early gene expression* (IEGE) kan man vurdere aktivering av celler. Slik fant Yagi et al. (51) forskjeller i aktivering av ulike regioner av hippocampus (CA1 og CA3) mellom kjønn, og mellom rotter som brukte ulik strategi, men ifølge Keeley et al. (50), var det ingen volumforskjeller i disse områdene. I studien til Kosarussavadi et al. (56) viste IEGE økt aktivering i hippocampus hos hunfugler i innlæringen av forsøket, men i testforsøk fem og ti dager senere var det lik aktivering mellom kjønnene.

Et grunnleggende spørsmål er hvorvidt det er hjernens struktur og funksjon eller kjønnshormonenes påvirkning som er avgjørende for de observerte forskjellene i kognitive egenskaper. Flere studier undersøkte hormonelle påvirkninger på navigasjon og rotasjon. Funnene fra disse studiene viser at de har en tydelig innflytelse på kognitive evner, og at de kanskje forklarer noen av kjønnsforskjellene, som CAIS-personenes resultater som liknet kvinnenens. Derimot er utvalget av studier ikke stort nok til å konkludere om hvilke nivåer av

testosteron som er optimalt for kvinner og menn, eller om testosteron gir økt effekt sammenliknet med østrogen.

Dersom kjønnsforskjellene i romforståelse skyldes biologiske forhold, kunne vi forventet at de var til stede fra fødselen av. I forsøket til Erdmann et al. (62) ble seks måneder gamle babyers rotasjonsmål assosiert med kjønns hormoner målt i amnionvæsken. Testosteron var assosiert med tiden guttebabyene så på den nye figuren, men det kunne ikke måles hos jentebabyene grunnet for lave verdier i amnionvæsken. Funn fra en nylig publisert studie (64) viste at gutter i ungdomsårene lettere tilegnet seg og husket informasjon knyttet til romforståelse, sammenliknet med jenter, men at denne forskjellen ikke var gjeldene for annen type hukommelse uavhengig hippocampus.

Kjønnsforskjeller kan også skyldes kulturell påvirkning. Kognitive evner er trenbare (4), så økt erfaring vil kunne gi en fordel i tester innen navigasjon og rotasjon. Padilla et al. (41) undersøkte sammenhengen i å navigere gjennom to virtuelle MWM av forskjellige størrelser og hvor mye reiseerfaring subjektene hadde, ved å bruke et spørreskjema som kartla hvilke steder de hadde besøkt. Økt reiseerfaring var korresponderende med økt suksess kun for kvinner i den lille versjonen av vMWM, men kun ved bruk av nærliggende navigasjonspunkter. Undersøkelsen til Vashro et al. (46) viste at menn, som hadde dobbelt så lang reisedistanse som kvinner, gjorde det bedre i rotasjonsoppgaven.

I Johs (33) test på barn, var det bare guttebarna som hadde effekt av trening, og at det ga utslag i generelle kjønnsforskjeller hos 3-4 åringer. I tillegg fant Sneider et al. (39) økende kjønnsforskjeller hos unge voksne sammenliknet med ungdommer. Derimot, fant Yu et al. (43) at kjønnsforskjellene forsvant igjen hos eldre forsøkspersoner.

I en nylig publisert studie (65) som ikke var blant resultatlisten ble 3,9 millioner mennesker testet i navigasjonsferdigheter gjennom et mobilspill. Resultatene viste varierende kjønnsforskjeller mellom ulike land, hvor land med høy likestilling viste de laveste kjønnsforskjellene. Effektstørrelsen blant nordmenn var 0,09, som er under lavt nivå (definert som 0,10).

Det begrensede utvalget i denne litteraturstudien gjør at vi hverken kan bekrefte eller avfeie biologiske eller kulturelle årsaker til kjønnsforskjeller innen romforståelse. Derimot viser en absolutt majoritet av artiklene at menn eller hanndyr gjør det bedre enn sine kvinnelige motparter i forsøk som tester romforståelse.

For å kunne konkludere med faktiske biologiske forskjeller mellom kjønnenes hjerner eller kognitive evner kreves det systematiske og store meta-analyser. I tillegg må funnene fra fMRI-undersøkelsene kvalitetssikres for «confounders», da størrelse og fordeling av hvit og grå substans i ulike hjerneområder er produkter av hjernens totale volum. Andre svakheter i studien som må trekkes frem er faren ved å begrense søkeresultatene til artikler som har «sex» i tittelen. Det vil kunne selekttere bort artikler som ikke fant noen kjønnsforskjeller, eller der det ikke var målet med studien. I tillegg er dette feltet mottakelig for publication bias, der artikler som ikke viser de ønskede resultatene med voldsomme kjønnsforskjeller blir liggende i en skuff i stedet for å publiseres. Tidsrammene for undersøkelsen har heller ikke gjort det mulig å gå inn å sjekke kvaliteten på de omtalte studiene, ideelt sett skulle man gått gjennom statistikken – og i noen tilfeller utført nye statistiske tester etc. For å styrke konklusjonen ville det vært nødvendig med et større søk, i flere søkemotorer, uten begrensninger i inkluderte ord i tittel eller abstract.

Denne oppgaven har begrenset seg til kun én søkemotor, og i tillegg en begrensning i tid. Resultatene fra søket vil derfor ikke nødvendigvis fange opp omfanget av studier utført på dette området.

Referanser

1. Eliot L, Ahmed A, Khan H, Patel J. Dump the "dimorphism": Comprehensive synthesis of human brain studies reveals few male-female differences beyond size. *Neurosci Biobehav Rev.* 2021;125:667-97.
2. Malt U. kognitive funksjoner. sInno: Store norske leksikon; 2019.
3. Wai J, Lubinski D, Benbow CP. Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology.* 2009;101(4):817-35.
4. Levine SC, Foley A, Lourenco S, Ehrlich S, Ratliff K. Sex differences in spatial cognition: advancing the conversation. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci.* 2016;7(2):127-55.
5. Pletzer B, Scheuringer A, Scherndl T. Global-local processing relates to spatial and verbal processing: implications for sex differences in cognition. *Sci Rep.* 2017;7(1):10575.
6. Brodal P. Hippocampusformasjonen: læring og hukommelse. *Sentralnervesystemet.* 5 ed. Oslo: Universitetsforlaget; 2017. p. 497-505.
7. Colby CL. Spatial Cognition. In: Squire LR, editor. *Encyclopedia of Neuroscience.* Oxford: Academic Press; 2009. p. 165-71.
8. Jin W, Qin H, Zhang K, Chen X. Spatial Navigation. In: Wang H, editor. *Neural Circuits of Innate Behaviors.* Singapore: Springer Singapore; 2020. p. 63-90.
9. Gogos A, Gavrilescu M, Davison S, Searle K, Adams J, Rossell SL, et al. Greater superior than inferior parietal lobule activation with increasing rotation angle during mental rotation: an fMRI study. *Neuropsychologia.* 2010;48(2):529-35.

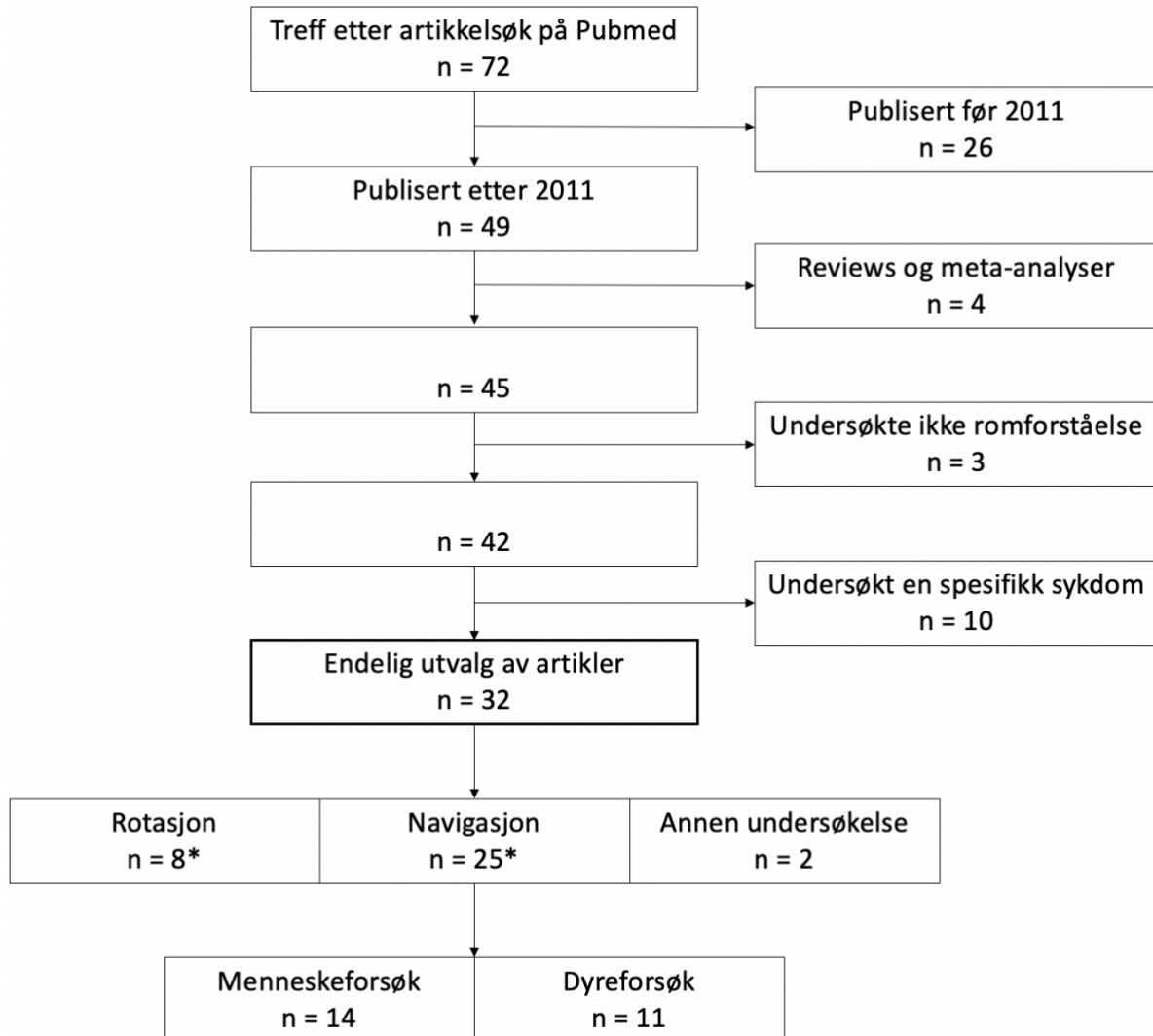
10. Vingerhoets G, de Lange FP, Vandemaele P, Deblaere K, Achten E. Motor imagery in mental rotation: an fMRI study. *Neuroimage*. 2002;17(3):1623-33.
11. Morris RGM. Spatial localization does not require the presence of local cues. *Learning and Motivation*. 1981;12(2):239-60.
12. Thornberry C, Cimadevilla JM, Commins S. Virtual Morris water maze: opportunities and challenges. *Rev Neurosci*. 2021;32(8):887-903.
13. Olton DS, Samuelson RJ. Remembrance of places passed: Spatial memory in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*. 1976;2(2):97-116.
14. Vandenberg SG, Kuse AR. Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Percept Mot Skills*. 1978;47(2):599-604.
15. Borthne A, Tjelta J. fMRI (Funksjonell MR-undersøkelse). Store medisinske leksikon. [sml.snl.no2021](https://sml.snl.no/2021).
16. Geary DC. Evolutionary framework for identifying sex- and species-specific vulnerabilities in brain development and functions. *J Neurosci Res*. 2017;95(1-2):355-61.
17. Nazareth A, Huang X, Voyer D, Newcombe N. A meta-analysis of sex differences in human navigation skills. *Psychon Bull Rev*. 2019;26(5):1503-28.
18. Shansky RM. Sex differences in behavioral strategies: avoiding interpretational pitfalls. *Curr Opin Neurobiol*. 2018;49:95-8.
19. Netser S, Haskal S, Magalnik H, Wagner S. A novel system for tracking social preference dynamics in mice reveals sex- and strain-specific characteristics. *Mol Autism*. 2017;8:53.
20. Pletzer B, Harris T, Scheuringer A. Sex Differences in Number Magnitude Processing Strategies Are Mediated by Spatial Navigation Strategies: Evidence From the Unit-Decade Compatibility Effect. *Front Psychol*. 2019;10:229.
21. Warner EJ, Padmanabhan K. Sex differences in head-fixed voluntary running behavior in C57BL/6J mice. *Eur J Neurosci*. 2020;51(3):721-30.
22. Herrera VL, Pasion KA, Tan GA, Moran AM, Ruiz-Opazo N. Sex-specific effects on spatial learning and memory, and sex-independent effects on blood pressure of a <3.3 Mbp rat chromosome 2 QTL region in Dahl salt-sensitive rats. *PLoS One*. 2013;8(7):e67673.
23. Inglis A, Shibin S, Ubungen R, Farooq S, Mata P, Thiam J, et al. Strain and sex-based glucocentric & behavioral differences between KK/HIJ and C57BL/6J mice. *Physiol Behav*. 2019;210:112646.
24. Niedecker RW, Kloc ML, Holmes GL, Barry JM. Effects of early life seizures on coordination of hippocampal-prefrontal networks: Influence of sex and dynamic brain states. *Epilepsia*. 2021;62(7):1701-14.
25. Syal S, Ipser J, Phillips N, Thomas KG, van der Honk J, Stein DJ. The effect of childhood trauma on spatial cognition in adults: a possible role of sex. *Metab Brain Dis*. 2014;29(2):301-10.
26. Vieites V, Pruden SM, Reeb-Sutherland BC. Childhood wayfinding experience explains sex and individual differences in adult wayfinding strategy and anxiety. *Cogn Res Princ Implic*. 2020;5(1):12.
27. Maynard ME, Barton EA, Robinson CR, Wooden JI, Leasure JL. Sex differences in hippocampal damage, cognitive impairment, and trophic factor expression in an animal model of an alcohol use disorder. *Brain Struct Funct*. 2018;223(1):195-210.
28. Rodriguez CI, Magcalas CM, Barto D, Fink BC, Rice JP, Bird CW, et al. Effects of sex and housing on social, spatial, and motor behavior in adult rats exposed to moderate levels of alcohol during prenatal development. *Behav Brain Res*. 2016;313:233-43.
29. Vestergren P, Rönnlund M, Nyberg L, Nilsson LG. Multigroup Confirmatory Factor Analysis of the Cognitive Dysfunction Questionnaire: instrument refinement and measurement invariance across age and sex. *Scand J Psychol*. 2012;53(5):390-400.
30. Boscolo A, Ori C, Bennett J, Wiltgen B, Jevtovic-Todorovic V. Mitochondrial protectant pramipexole prevents sex-specific long-term cognitive impairment from early anaesthesia exposure in rats. *Br J Anaesth*. 2013;110 Suppl 1(Suppl 1):i47-52.

31. Snow WM, Cadonic C, Cortes-Perez C, Adlimoghaddam A, Roy Chowdhury SK, Thomson E, et al. Sex-Specific Effects of Chronic Creatine Supplementation on Hippocampal-Mediated Spatial Cognition in the 3xTg Mouse Model of Alzheimer's Disease. *Nutrients*. 2020;12(11).
32. Guigueno MF, MacDougall-Shackleton SA, Sherry DF. Sex Differences in Spatial Memory in Brown-Headed Cowbirds: Males Outperform Females on a Touchscreen Task. *PLoS One*. 2015;10(6):e0128302.
33. Joh AS. Training effects and sex difference in preschoolers' spatial reasoning ability. *Dev Psychobiol*. 2016;58(7):896-908.
34. Sneider JT, Sava S, Rogowska J, Yurgelun-Todd DA. A preliminary study of sex differences in brain activation during a spatial navigation task in healthy adults. *Percept Mot Skills*. 2011;113(2):461-80.
35. Kong XZ, Huang Y, Hao X, Hu S, Liu J. Sex-linked association between cortical scene selectivity and navigational ability. *Neuroimage*. 2017;158:397-405.
36. Daugherty AM, Yuan P, Dahle CL, Bender AR, Yang Y, Raz N. Path Complexity in Virtual Water Maze Navigation: Differential Associations with Age, Sex, and Regional Brain Volume. *Cereb Cortex*. 2015;25(9):3122-31.
37. Nowak NT, Diamond MP, Land SJ, Moffat SD. Contributions of sex, testosterone, and androgen receptor CAG repeat number to virtual Morris water maze performance. *Psychoneuroendocrinology*. 2014;41:13-22.
38. Yasen AL, Raber J, Miller JK, Piper BJ. Sex, but not Apolipoprotein E Polymorphism, Differences in Spatial Performance in Young Adults. *Arch Sex Behav*. 2015;44(8):2219-26.
39. Sneider JT, Hamilton DA, Cohen-Gilbert JE, Crowley DJ, Rosso IM, Silveri MM. Sex differences in spatial navigation and perception in human adolescents and emerging adults. *Behav Processes*. 2015;111:42-50.
40. van Dun C, van Kraaij A, Wegman J, Kuipers J, Aarts E, Janzen G. Sex Differences and the Role of Gaming Experience in Spatial Cognition Performance in Primary School Children: An Exploratory Study. *Brain Sci*. 2021;11(7).
41. Padilla LM, Creem-Regehr SH, Stefanucci JK, Cashdan EA. Sex differences in virtual navigation influenced by scale and navigation experience. *Psychon Bull Rev*. 2017;24(2):582-90.
42. Kober SE, Neuper C. Sex differences in human EEG theta oscillations during spatial navigation in virtual reality. *Int J Psychophysiol*. 2011;79(3):347-55.
43. Yu S, Boone AP, He C, Davis RC, Hegarty M, Chrastil ER, et al. Age-Related Changes in Spatial Navigation Are Evident by Midlife and Differ by Sex. *Psychol Sci*. 2021;32(5):692-704.
44. Tascón L, Di Cicco C, Piccardi L, Palmiero M, Bocchi A, Cimadevilla JM. Sex Differences in Spatial Memory: Comparison of Three Tasks Using the Same Virtual Context. *Brain Sci*. 2021;11(6).
45. Scheuringer A, Pletzer B. Sex Differences and Menstrual Cycle Dependent Changes in Cognitive Strategies during Spatial Navigation and Verbal Fluency. *Front Psychol*. 2017;8:381.
46. Vashro L, Padilla L, Cashdan E. Sex Differences in Mobility and Spatial Cognition: A Test of the Fertility and Parental Care Hypothesis in Northwestern Namibia. *Hum Nat*. 2016;27(1):16-34.
47. Chow C, Epp JR, Lieblich SE, Barha CK, Galea LA. Sex differences in neurogenesis and activation of new neurons in response to spatial learning and memory. *Psychoneuroendocrinology*. 2013;38(8):1236-50.
48. Brydges NM, Wood ER, Holmes MC, Hall J. Prepubertal stress and hippocampal function: sex-specific effects. *Hippocampus*. 2014;24(6):684-92.
49. Devan BD, Tobin EL, Dunn EN, Magalis C. Sex differences on the competitive place task in the water maze: The influence of peripheral pool time on spatial navigation performance in rats. *Behav Processes*. 2016;132:34-41.
50. Keeley RJ, Tyndall AV, Scott GA, Saucier DM. Sex difference in cue strategy in a modified version of the Morris water task: correlations between brain and behaviour. *PLoS One*. 2013;8(7):e69727.

51. Yagi S, Chow C, Liebllich SE, Galea LA. Sex and strategy use matters for pattern separation, adult neurogenesis, and immediate early gene expression in the hippocampus. *Hippocampus*. 2016;26(1):87-101.
52. Corre C, Friedel M, Vousden DA, Metcalf A, Spring S, Qiu LR, et al. Separate effects of sex hormones and sex chromosomes on brain structure and function revealed by high-resolution magnetic resonance imaging and spatial navigation assessment of the Four Core Genotype mouse model. *Brain Struct Funct*. 2016;221(2):997-1016.
53. Perdue BM, Snyder RJ, Zhihe Z, Marr MJ, Maple TL. Sex differences in spatial ability: a test of the range size hypothesis in the order Carnivora. *Biol Lett*. 2011;7(3):380-3.
54. Locklear MN, Kritzer MF. Assessment of the effects of sex and sex hormones on spatial cognition in adult rats using the Barnes maze. *Horm Behav*. 2014;66(2):298-308.
55. Schmidtke D, Esser KH. Sex matters in echoacoustic orientation: gender differences in the use of acoustic landmarks in *Phyllostomus discolor* (lesser spear-nosed bat). *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol*. 2011;197(5):531-9.
56. Kosarussavadi S, Pennington ZT, Covell J, Blaisdell AP, Schlinger BA. Across sex and age: Learning and memory and patterns of avian hippocampal gene expression. *Behav Neurosci*. 2017;131(6):483-91.
57. Fugazza C, Mongillo P, Marinelli L. Sex differences in dogs' social learning of spatial information. *Anim Cogn*. 2017;20(4):789-94.
58. Campbell MJ, Toth AJ, Brady N. Illuminating sex differences in mental rotation using pupillometry. *Biol Psychol*. 2018;138:19-26.
59. Hegarty M. Ability and sex differences in spatial thinking: What does the mental rotation test really measure? *Psychon Bull Rev*. 2018;25(3):1212-9.
60. Long H, Fan M, Yang X, Guan Q, Huang Y, Xu X, et al. Sex-related Difference in Mental Rotation Performance is Mediated by the special Functional Connectivity Between the Default Mode and Salience Networks. *Neuroscience*. 2021;478:65-74.
61. van Hemmen J, Veltman DJ, Hoekzema E, Cohen-Kettenis PT, Dessens AB, Bakker J. Neural Activation During Mental Rotation in Complete Androgen Insensitivity Syndrome: The Influence of Sex Hormones and Sex Chromosomes. *Cereb Cortex*. 2016;26(3):1036-45.
62. Erdmann K, Schaal NK, Meinschmidt G, Tegethoff M, Fröhlich S, Kozłowski P, et al. Sex specific relationships between infants' mental rotation ability and amiotic sex hormones. *Neurosci Lett*. 2019;707:134298.
63. Suren P, Furu K, Reneflot A, Nes RB, Torgersen L. Barn og unge: Livskvalitet og psykiske lideler fhi.no: Folkehelseinstituttet; 2018 [Available from: <https://www.fhi.no/nettpub/hin/grupper/psykisk-helse-hos-barn-og-unge/>].
64. Tronson NC. Puberty reverses sex differences in learning. *Nature Neuroscience*. 2022.
65. Spiers HJ, Coutrot A, Hornberger M. Explaining World-Wide Variation in Navigation Ability from Millions of People: Citizen Science Project Sea Hero Quest. *Top Cogn Sci*. 2021.

Figurer og tabeller

Figur 6: Flytskjema over inkluderte artikler



Figur 7: flytskjema over inkluderte artikler

*fire artikler omhandlet både rotasjon og navigasjon

Tabell 1: oversikt over inkluderte artikler (n = 32)

<i>Forfatter</i>	<i>År</i>	<i>Land</i>	<i>Art</i>	<i>Antall hunkjønn</i>	<i>Antall hankjønn</i>	<i>Alder</i>	<i>Test</i>	<i>Perspektiv</i>	<i>Effekt mål</i>
<i>Kosarussavadi et al</i>	2017	USA	Fugler	18	19	unge og eldre fugler	4-armet labyrint	Førstep.	Lære hvor maten er: hanfugler raskere. Etter 5-10 dager: ingen forskjell
<i>Corre et al</i>	2016	Canada	Mus	25 (XX og XY)	24 (XX og XY)	hele livet	8-armet labyrint	Førstep.	Mus med mannlige gonader ble bedre på å finne mat, det ble ikke mus med kvinnelige gonader, uavhengig kromosomer.
<i>Yagi et al</i>	2016	Canada	Rotter	17	19	voksne rotter	8-armet labyrint	Førstep.	Mannlige rotter gjør det bare bedre blant de allosentrisk-navigerende, i oppgaven med nærliggende korridorer
<i>Perdue et al</i>	2011	USA	Panda Oter	9 pandaer 4 otere	8 pandaer 4 otere	-	8-armet labyrint (uten labyrintdelen)	Førstep.	Pandaer: mannlige bedre. Otere: ingen kjønnsforskjell
<i>Locklear et al</i>	2014	USA	Rotter	8	30	-	Barnes maze	Førstep.	Finne det trygge hullet: Mannlige rotter lærer raskere
<i>Fugazza et al</i>	2017	Italia	Hunder	8	8	voksne hunder	Do as I do	Førstep.	Både hanhunder og tisper bruker en allosentrisk strategi
<i>Brydges et al</i>	2014	UK	Rotter	15	19	voksne rotter	MWM	Førstep.	Finne plattformen: Mannlige rotter kortere distanse. Testforsøk: mannlige rotter mer korrekte
<i>Chow et al</i>	2013	Canada	Rotter	34	29	voksne rotter	MWM	Førstep.	Finne plattform: mannlige rotter raskere. Testforsøk: ingen forskjell
<i>Devan et al</i>	2016	USA	Rotter	12	12	voksne rotter	MWM	Førstep.	Finne plattform: Ingen kjønnsforskjell. Testforsøk: menn mer presise de første 20 sek
<i>Keeley et al</i>	2013	Canada	Rotter	30	10	voksne rotter	MWM med et rettvinklet hjørne	Førstep.	Finne plattform: mannlige rotter raskere. Testforsøk: ingen forskjell. Mannlige rotter foretrakk geometrisk kjennemerke, kvinnelige foretrakk landemerke

<i>Schmidtke et al</i>	2011	Tyskland	Flaggermus	6	6	voksne flaggermus	Tunnel med hindre	Førstep.	Hannflaggermus raskere gjennom tunnel
<i>Daugherty et al</i>	2015	USA	Mennesker	92	47	voksne	vMWM	Førstep.	Menn: kortere og mer direkte rute
<i>Kober et al</i>	2011	Østerrike	Mennesker	14	13	unge voksne	virtuell labyrint	Førstep.	Ingen kjønnsforskjell
<i>Nowak et al</i>	2014	USA	Mennesker	29	29	unge voksne	vMWM	Førstep.	Testforsøk: Menn bedre Plassering på kart: likt
<i>Sneider et al</i>	2011	USA	Mennesker	7	8	voksne	vMWM	Førstep.	Ingen kjønnsforskjell
<i>Padilla et al</i>	2017	USA	Mennesker	54	54	unge voksne	vMWM	Førstep.	Menn bedre i større skala, og når det kun er fjerntliggende kjennepunkter
<i>Pletzer et al</i>	2017	Østerrike	Mennesker	44	49	unge voksne	2D stifinner i 10x10 matrise	Fuglep.	Menn raskere
<i>Scheuringer et al</i>	2017	Østerrike	Mennesker	49	51	voksne	2D stifinner i 10x10 matrise	Fuglep.	Menn raskere
<i>Tascón et al</i>	2021	Italia Spania	Mennesker	129	158	unge voksne	Finne bokser i virtuelle rom med og uten bevegelse	Førstep. Fuglep.	Fugleperspektiv: ingen forskjell. Førsteperson: menn færre feil
<i>van Dun et al</i>	2021	Nederland	Mennesker	24	29	9-11 år	virtuelt landskap	Førstep.	Like korrekte, guttene raskere
<i>Yu et al</i>	2021	USA	Mennesker	79	72	unge voksne og voksne	virtuell labyrint, gå i en sirkel	Førstep.	Labyrint: menn bedre og bruker flere snarveier. Sirkel: menn for kort, kvinner for langt
<i>Kong et al</i>	2017	Kina	Mennesker	124	78	unge voksne	Selvrapporering av rotasjon	-	Selvrapporert navigasjon: menn bedre. Rotasjon: ingen forskjell
<i>Sneider et al</i>	2015	USA	Mennesker	34	38	ungdommer og unge voksne	vMWM Mental rotation	Førstep.	Navigasjon: Ingen kjønnsforskjell. Testforsøk: menn bedre. Rotasjon: ingen forskjell hos ungdom, menn bedre hos unge voksne
<i>Vashro et al</i>	2016	USA	Mennesker	64	65	voksne	Mental rotation Peking GPS-tracking	Førstep.	Navigasjon: Menn reiser lenger, peker i riktig retning. Rotasjon: Menn bedre
<i>Yasen et al</i>	2015	USA	Mennesker	88	81	unge voksne	Mental rotation Memory island	Førstep.	Navigasjon: Menn raskere. Testforsøk: likt. Rotasjon: menn bedre
<i>Cambell et al</i>	2018	Irland	Mennesker	49	50	unge voksne	Mental rotation	-	Ingen kjønnsforskjell

<i>Erdmann et al</i>	2019	Tyskland	Mennesker	104	104	6 måneder	Rotasjon av hender Tiden de så på nye figurer	-	Guttebabyer mer interesserte i ny figur	
<i>Hegarty, M</i>	2018	USA	Mennesker	23	24	unge voksne	Mental rotation	-	Menn bedre	
<i>Long et al</i>	2021	Kina	Mennesker	174	186	unge voksne	Mental rotation	-	Menn bedre	
<i>van Hemmen et al</i>	2016	Nederland	Mennesker	29 (XX) 21 (XY)	20	voksne	Mental rotation	-	Menn raskere	
<i>Guigueno et al</i>	2015	Canada	Fugler	8	8/6	voksne fugler	Trykke på firkanter i riktig rekkefølge på berørings skjerm	Fuglep.	Hanfugler best til å huske rekkefølge	
<i>Joh, A. S.</i>	2016	USA	Mennesker	138	135	3 til 4 år	Ball som faller gjennom rør	Fuglep.	Resonnering: guttene ble bedre med trening, ikke jentene	

MWM: Morris Water Maze, vMWM: virtuell Morris Water Maze, første.: førstepersons perspektiv, fuglep.: fugleperspektiv.

*Artikler med fMRI, er markert i **fet skrift**.*