

HJERNENS UTVIKLING, SÅRBARHET OG PLASTISITET

Anne-Grethe Urnes

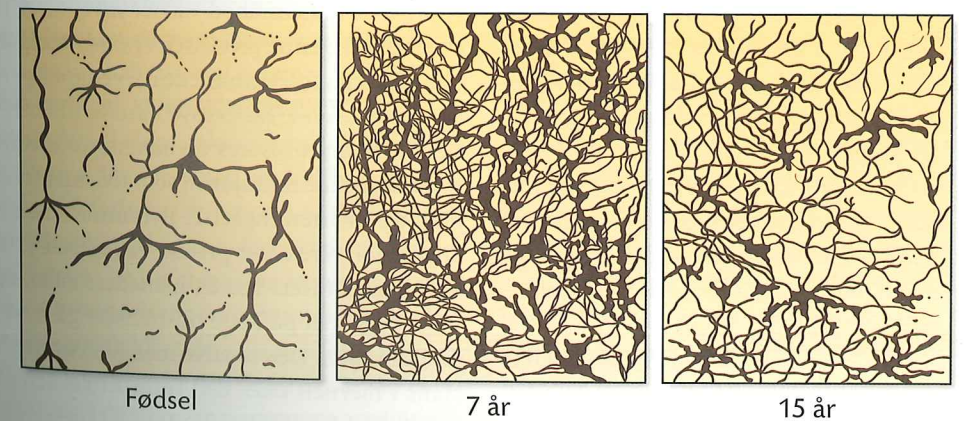
Innledning

Det siste tiåret har det kommet betydelig mer kunnskap om hjerneutviklingen hos typiske barn og unge gjennom studier med bildedannende metoder (magnetresonanstomografi – MR) der de samme barna blir fulgt fra barnealder og opp mot tidlig voksenalder (Lenroot & Giedd, 2006).

Denne forskningen har avdekket at forholdet mellom grå og hvit substans (se kapittel 1) i ulike områder av cortex endrer seg med økende alder. Før og ved fødsel er det et stort overskudd av nevroner, og tidlig i utviklingen er det en overproduksjon av synapser. Dette er særegent for mennesket og ses nesten ikke hos dyr med mindre hjernebark. Dette henger sannsynligvis sammen med menneskets store kapasitet til læring og tilpasning. Evolusjonen har verdsatt fleksibilitet framfor trygg forhåndsprogrammering av faste synaptiske forbindelser.

Oppbygning av nevronale nettverk

Det er vel hundre milliarder nerveceller i den menneskelige hjerne, og gjennom utviklingen dannes det tusenvis av utløpere og forbindelser mellom disse cellene. I begynnelsen dannes langt flere nerveceller og synapser enn det skal bli til slutt. Allerede på fosterstadiet skjer en programmert celledød (apoptose). Det er fortsatt mye vi ikke vet om mekanismene bak dette fenomenet, men det synes som de celler som inngår i nevronale nettverk, har større sjanse for å overleve den selektive celledøden. Etter hvert dør flere overtallige nerveceller, og deretter skjer en påfølgende klipping av synapser. Nettverkene tilskjæres og tilpasses den funksjonen de får i samspill med omgivelsene. Det utvikles et stort antall komplekse cellenettverk, og gjennom disse nettverkene går nerveimpulsene. Disse prosessene gir det organiske grunnlaget for våre sanseopplevelser, fornemmelser, tanker, asso-



Figur 2.1 Synaptisk tetthet som funksjon av alder.

siasjoner, følelser og atferd. En betingelse for å både ha evne til å lære nye ting og til å bevare det som er lært, er at nettverkene åpner for å danne nye veier eller kretser for nevronal impulstrafikk. Da må synapser kunne nydannes, og etablerte synapser må kunne fjernes eller svekkes. Nettverkene i hjernen må være foranderlige og plastiske dersom vi skal ha evne til nylæring og tilpasning i nye situasjoner. En rekke studier har vist at de samme nettverkene kan understøtte flere funksjoner. Dette gir også økt mulighet for smidige tilpasninger og systemfleksibilitet.

Moderne billedframstillinger av hjernen i et utviklingsperspektiv viser at grå substans i ulike områder av hjernen først øker og deretter reduseres. Denne veksten og «tynningen» av synapseforbindelsene skjer til ulik tid i de ulike områder av hjernen. I figur 2.1 ses eksempel fra et område som er endret og klippet før pubertet.

Hvit substans øker jevnt i volum gjennom hele barndommen og fram til voksen alder. Gjennom den økende myeliniseringen (hvit substans) blir impulstrafikk og informasjonsbearbeiding mer effektiv. Nettverk etableres. Vi er utstyrt med mange flere synapser enn dem vi tar i bruk. Denne initiale overproduksjonen av synapser blir tolket som en sikring for å gi bred mulighet for tilpasning og funksjon i møter med omgivelsene. Synapser som ikke tas i bruk, elimineres. Dermed klippes mange forbindelsesmuligheter, slik at de forbindelsene som gjenstår, blir effektive og best mulig tilpasset de krav omgivelsene stiller. Slik dannes hjernen i et interaktivt samspill med de sosiale og kulturelle livsbetingelsene for dermed å bli best mulig tilpasset disse betingelsene.

Selv om hjernestrukturen anatomisk langt på vei er ferdig utviklet allerede ved fødselen, fortsetter hjernen å vokse. Menneskehjernen er ca. 300–400 gram ved fødsel, ca. 900 gram ved ett års alder, 1100 gram ved tre års alder og 1450 gram ved voksen alder. Dette peker selvsagt mot at utvikling av voksen atferd er knyttet til hjernens størrelse. Vektøkningen skyldes ikke at det dannes nye nevroner. Det er utviklingen av dendrittrærne, dannelsen av aksoner (nervecellens forgreninger) med

Grå substans (nevronvolum) følger en omvendt U-kurve, med topper som varierer for de ulike lappene i hjernen. Det skjer en initial overproduksjon av synapser, etterfulgt av eliminering av overflødige elementer (nevronal «klipping» eller «tynning»).

Hvit substans (myelin, som isolerer aksonene) i hjernen øker jevnt med alder. For eksempel øker *corpus callosum* (forbindelsen mellom venstre og høyre hjernehalvdel, med ca. 200 millioner fibre) jevnt opp til 18 år, og informasjonshastigheten i nettverkene øker. Se figur 2.2.

nerveterminaler og dannelsen av flere gliaceller som bidrar til vektøkningen (se kapittel 1).

Vårt genetiske program inneholder detaljerte oppskrifter for hvordan vårt nervesystem skal bygges opp. Gliacellene deltar også i dette. Den enkelte nervecelle inneholder selv oppskriften som i stor grad bestemmer dens endelige størrelse, utformingen av dendrittreet og utviklingen av neurotransmittere og -reseptorer. Utviklingen av det enkelte nevron er også i høy grad avhengig av hvordan det brukes i nettverket. Når nevronene brukes i meningsfulle aktiviteter for individet, etableres lokale forbindelser innenfor et område og mellom ulike områder.

I fjerde fostermåned starter myeliniseringen av aksoner. Denne prosessen er nødvendig for at nervebanene skal kunne lede nerveimpulser raskt og effektivt. Ulike baner myeliniseres til svært ulik tid. Først myeliniseres de banene som ivaretar grunnleggende funksjoner, som reflekser for svelging og smerteunngåelse. Pyramidebanen med ansvar for våre mest presise bevegelser er først ferdig myelinisert ved 24 måneders alder, og de fleste barn kan på dette tidspunktet gå med god koordinasjon. Den relative mengden av hvit substans i hjernen øker helt fram til voksen alder (se kapittel 1 og figur 2.2).

Det skjer en betydelig endring i nydannelse og eliminering av synapser fra nyfødteperioden og

fram til voksen alder. Antallet nevroner er nærmest uforandret fra fosteret er ca. sju måneder, men synapsetettheten endrer seg betydelig fram til slutten av puberteten. Størst synapsetetthet er det like før fødselen, og så skjer det en stadig eliminering i ulik takt og tid i ulike hjerneområder. De sensoriske områder klippes raskere og tidligere, mens assosiasjonsområdene tynnes senere og over lengre tid. Prefrontal cortex er det området som modnes senest (se figur 2.2). Eliminering av synapser (pruning) er spesielt stor rett før og under puberteten. En kan si at hjernen er under ombygging (se kapittel 12). En rekke sentrale nettverk ser ut til å ferdigstilles i denne perioden. Dette betyr klipping av synapser og effektivisering av noen nettverk, samtidig som nettverk knyttet til løsninger eller oppgaver som ikke ble valgt, elimineres. En har foreløpig mest kunnskap om endringene i de kortikale områdene av hjernen i det normale utviklingsløpet, men mye tyder på at det skjer en liknende heterogen utvikling i de subkortikale områdene. Det er anatomiske og funksjonelle delenheter innenfor amygdala og striatum, og en kan tenke seg at de ulike enhetene har en ujevn utviklingstakt. Forskningen på dette området er i sin begynnelse.

Nervesystemet utvikler seg gjennom bruk

Hjernens økning i vekt etter fødselen er i stor grad genetisk bestemt. Men utviklingen av nettverkene og den funksjonelle ytelsen er i stor grad avhengig av at de tas i bruk til rett tid og på riktig måte. Flere typer undersøkelser peker mot at menneskets hjernebark er lite spesifisert for å utføre bestemte oppgaver fra fødselen av. Selv om de fleste hovedforbindelser er etablert, som forbindelsene mellom hørselsbarken og området som trengs for å lære språk, er forbindelsene fortsatt umodne og plastiske. Gjennom bildeundersøkelser (fMRI) av barn i de første leveårene har en de senere år fått betydelig innsikt i de store endringene og utviklingen av de funksjonelle forbindelsene mellom områder av hjernebarken, også de som ligger langt fra hver-

andre. Det antas det at informasjon og prosesser integreres gjennom disse forbindelsene. Mangel på funksjonelle forbindelser der en ser aktivitet, betyr ikke nødvendigvis mangel på anatomiske forbindelser. De funksjonelle forbindelsene er under oppbygging.

Et klinisk fenomen som viser hvor lite spesialisert hjernen er ved fødsel, er observasjoner av barn som er født uten eller har fått ødelagt eller fjernet den venstre hjernehalvdel i tidlig spedbarnsalder. De utvikler et tilnærmet normalt språk. Den høyre hjernehalvdelen som normalt ikke har hovedansvaret for språk, har overtatt denne oppgaven.

Undersøkelser av aktiviteten i hjernebarken ved utviklingen av språk i de første leveårene viser en betydelig grad av omorganisering. En ser en manglende spesialisering, som avspeiles ved en aktivering av store deler av begge hjernehalvdeler når barnet begynner å kommunisere. Etter hvert ses en endring mot et voksent mønster og størst aktivering av områder i venstre hjernehalvdel ved to års alder.

Teorien om interaktiv spesialisering

En rekke studier viser at barn og unge bruker de samme områdene av hjernen som voksne for å løse oppgaver med krav til spesifikke funksjoner, som språk, arbeidsminne og inhibisjon. Men de bruker i tillegg oftere også andre hjerneområder og nettverk under arbeidet. Denne teorien indikerer at hjernen i tidlig barnealder fungerer mindre differensiert, men at det med økt erfaring skjer en større grad av spesialisering. Gjennom denne spesialiseringen endres både det området som er spesialisert, men også områdene rundt, som tidligere var med å understøtte aktiviteten. Disse aktivitetsavhengige interaksjonene medfører endring i bruken av nettverkene under utføring av bestemte typer oppgaver. For eksempel vil området i hjernen som oppfatter alle typer visuelle objekter, etter hvert bare oppfatte ansikter vist slik vi vanligvis ser dem, og være spesialisert for en slik rask og effektiv ansiktsgjenkjenning (fusiformområdet, se kapittel 1). Ved den økte spesialisering

ringen i ungdomstid og voksen alder skjer en effektivisering i bruken. Informasjonen går raskere, og læringen kan bli mer fokusert. Teorien belyser endringer i hvordan hjernen arbeider i et utviklingsperspektiv når det gjelder flere funksjonsområder, som eksekutive funksjoner og sosial læring.

Nær knyttet til dette er spørsmålet om hvor fleksibel eller plastisk hjernen er. Er det mulig å trene hjernen til å bli god på bestemte funksjoner slik en atlet trener kroppen? Det er særlig gjort forskning på trening av arbeidsminnefunksjoner både hos voksne og barn. Denne funksjonen er viktig i dagliglivet og for alle skoleferdigheter. Selv om isolerte treningsprogrammer har vist effekt både på bedring i ferdighetene de har trent på, og på hvordan hjernen jobber, er det stor usikkerhet om effekten av slik trening utover dette. Det er sprikende funn når det gjelder overføring av bedringen til andre situasjoner enn der treningen har skjedd. Flere har pekt på at det nå har oppstått nevromyter, det vil si en falsk tro på at spesifikke treningsprogrammer kan gjøre hjernen raskere og bedre. Foreløpig er det begrenset med kunnskap på dette området (se kapittel 6).

Sensitive (kritiske) perioder

Sensitiv eller *kritisk periode* betegner den tiden i et individs utvikling da visse egenskaper eller ferdigheter har en særlig rask utvikling. I denne perioden er nervesystemet maksimalt plastisk, med stor evne til å endre seg og skape nettverk som understøtter en bestemt funksjon eller atferd. Sannsynligvis starter perioden når et genetisk bestemt nettverk har utviklet et nivå der erfaring og øvelse har et nevronalt grunnlag å virke i. En sensitiv periode innebærer en topp i utviklingsmulighet, men på samme tid innebærer denne perioden med sterk endring en ekstra sårbar periode. Mangel på god stimulering og erfaring i denne perioden kan få mye alvorligere konsekvenser enn i andre. Når læringspotensialet er stort, men tidsbegrenset, blir det avgjørende å lære det som er viktig til rett tid, mens læringsvinduet er åpent.

Et viktig fenomen i denne fasen med økt sensitivitet og plastisitet er barnets eget driv og motivasjon til å trene på bestemte ting nettopp mens funksjonen er under utvikling. Barn viser en enorm iver, lyst, glede og begeistring over å utøve den aktiviteten som er så viktig for hjerneutviklingen der og da. En tidlig forløper for utvikling av arbeidsminne er å holde noe du har sett, i bevissheten. I siste del av det første leveåret er barnet veldig engasjert i leken «borte-borte-tittei», der tilknytningspersonen dekker til ansiktet et øyeblikk og deretter viser seg igjen. Ved ett års alder er barna veldig ivrige på å øve seg på å gå, og ved to års alder er det en enorm interesse for hva ting heter, og en eksplosiv utvikling i barnets ordforråd.

Vi kjenner bare delvis til mekanismene som igangsetter og stanser de sensitive periodene. Med stor fleksibilitet, stort læringspotensial og langt større spenn i hjernens modningstid sett enn hos dyr med enklere og mindre plastisk hjerne, er det hos mennesker også en økt sårbarhet. Menneskenes store variasjon i livsmønster, livskontekst, språk og samlivsformer krever en stor variasjon og fleksibilitet i den atferd som skal læres for tilpasning til den konteksten man er født inn i.

Selv om det er perioder med maksimal plastisitet og sensitivitet for bestemte funksjoner, er de sensitive periodene til dels funksjoner av lengre varighet og trenger ikke å ha et klart endepunkt. Det er rimelig å anta at læringen vil ha noen begrensninger og ta lengre tid. Hjernens plastisitet når det gjelder språkfunksjonen, ser ut til å avta fra åtte-ti års alder.

Nyfødde kan differensiere lydene i alle språk. De har en fantastisk fonemdiskriminering. Med erfaring forandrer oppfatningen av lydene i språket seg, og allerede ved seks måneders alder er persepsjonen endret i tråd med den verbale kontekst barnet lever i. Tospråklige får utvidet sitt fonemtilfang. De vil få en upåfallende fonologi på begge språk.

Grammatiske prosesser ser ut til bare å understøttes av venstre hjernehalvdel. Grammatikken læres automatisk før tolv års alder. Etter den tid rekrutteres andre hjerneområder ved innlæringen,

og det er vanskeligere å få grammatikken automatisert og på plass.

Grammatikk og fonologi har altså sensitive perioder og er vanskelig å få på plass senere, mens ordinnlæring på nye språk er mulig hele livet. Semantiske prosesser (prosesser som gjelder ordenes betydning) aktiverer både høyre og venstre hjernehalvdel.

Gjennom bruk av aktuelt hjerneområde i vekst har en sett at plastisiteten øker, mens mangel på bruk og erfaring i perioden forsinker plastisiteten. Dette er vist ved dyrestudier, der en for eksempel etter å ha hindret apeunger å se fra 3 til 6 måneders alder observerte at apene etter dette ikke klarte å integrere synet med informasjon fra andre sanser. Senere bruk av synssansen kunne ikke kompensere for mangel på bruk i den sensitive fasen. En nevrongruppe som ikke tas i bruk i en sensitiv periode, vil etter hvert utføre andre oppgaver. Et eksempel på plastisiteten i systemet er at synsbarken hos blindfødte etter hvert utvikles til å reagere på sanseinformasjon fra huden i stedet for fra netthinnen (lesing av blindeskrift med fingertuppen). Hos døvfødte overtas hørselsbarken av andre sansemodaliteter.

Generelle prinsipper i hjernens utvikling

Områdene i hjernen utvikles og modnes i ulik takt. De bakre områder (posterior) modnes tidligere enn de fremre (anterior). De lavere områdene (bottom: hjernestammen) før den øvre hjernebarken (up: cortex) og de sensoriske områdene (syn, hørsel, lukt og smak) myeliniseres før de motoriske (armer, ben). Et viktig unntak er myelinisering av motoriske nervetrådene til ansiktsmuskulatur. Disse modnes tidlig, slik at det nyfødte barnet koordinert kan kommunisere sine emosjonelle uttrykk og blir tilgjengelig for emosjonell kommunikasjon allerede på dette tidspunktet.

Projeksjonsområder, det vil si områdene der sansestimuli tas imot i hjernebarken, modnes før assosiasjonsområder, der informasjon koples sammen på tvers av modalitet.

Områdene i parietallappene som understøtter oppfatning av spatiale relasjoner og komplekst språk er først modne ved 11–13 års alder. Assosiasjonsområdene og prefrontal cortex (hjernens dirigent) modnes senest. De senest dannede forbindelsene ser ut til å være mer sårbare.

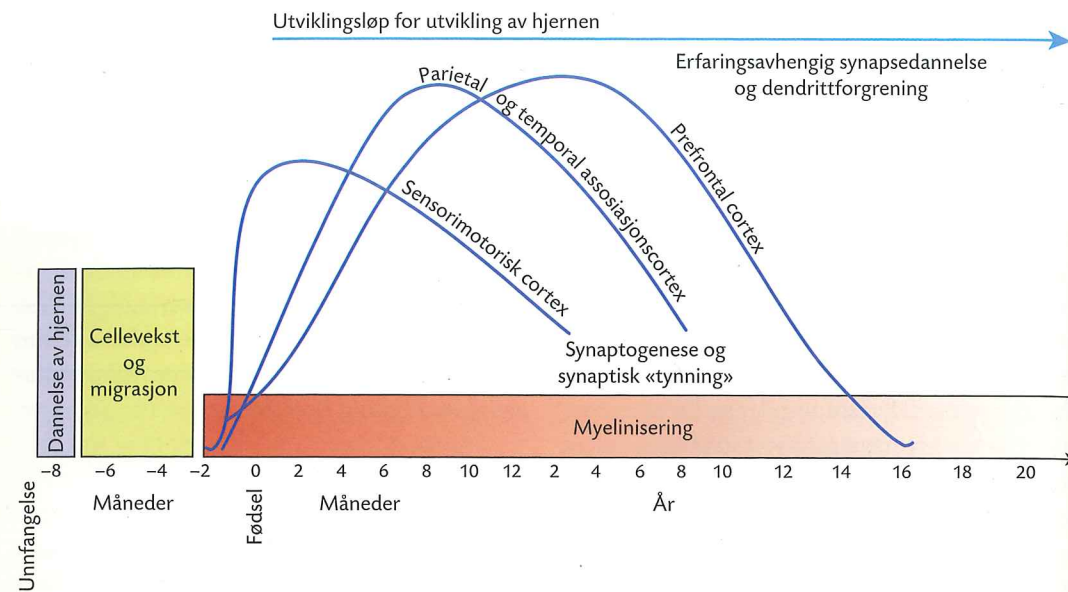
Denne hierarkiske utviklingsmodellen for hjernen stemmer overens med den parallelle utviklingen av ulike ferdigheter og prosesseringshastighet. Både data fra nevrofysiologiske undersøkelser, bildeundersøkelser samt kognitiv og nevropsykologisk kartlegging viser dette.

Postnatal hjerneutvikling, vekstspurt og funksjon

Det ser ut til å være fire perioder med sterk vekst i hjernen, såkalt *vekstspurt*: i alderen 3–10 måneder, mellom 2 og 4 års alder, mellom 6 og 8 års alder, mellom 10 og 12 års alder og mellom 14 og 16 års alder. Økningen i hjernens vekt er fra 5 til 10 prosent over hver toårsperiode. Vekten vurderes å bunne i økt dendrittevekst og myelinisering. Økningen i den kortikale kompleksiteten og de fire vekstperiodene ser ut til å korrelere med de fire kognitive stadier i den intellektuelle utviklingen som Jean Piaget har beskrevet (Indhelder & Piaget, 1958).

Over flere tiår har det vært en rekke studier som viser barnets tidlige kognitive kompetanse når det gjelder hørsel, syn, ansiktsprosessering, spatiale evner og oppmerksomhet. Det vil gå ut over denne bokens rammer å gå inn i detaljer vedrørende dette (se referanselitteraturen).

Figur 2.2 viser en grovskisse av endringene i noen sentrale prosesser i hjerneutviklingen over tid. Etter befruktningen dannes i den første måneden nevrallrøret, og fra denne strukturen dannes nervecellene og starter sin vandring for å finne sin genetisk bestemte plass i systemet. Vi ser at myeliniseringsprosessen, det vil si isoleringen av ledningsnett mellom nervecellene, som gir økt hastighet og effektivitet i informasjonsstrømmen, går jevnt fram til 20 års alder. Figuren viser videre hvordan den erfaringsavhengige synapsedannelsen og dendrittforgreningen utvikler seg, og viser at det første leveåret er preget av stor aktivitet i



Figur 2.2 Tilnærmet tidslinje for de viktigste endringene i utviklingen av menneskehjernen. Omarbeidet fra TRENDS in Cognitive Sciences, Elsevier.

denne prosessen. Systemet viser at synapsedannelsen både varer lengst, og at klippingen og tynningen av synapser skjer senest i prefrontal cortex. De sensorimotoriske områdene er klare i de første leveårene, og de parietale og temporale assosiasjonsområdene er klippet ferdig omkring 8–10 års alder. Disse kurvene for synapsedannelse og klipping (se figur 2.2) korresponderer med sensitive perioder. Gjennom denne kunnskapen gis et nevrobiologisk grunnlag for forståelse av både sårbarheten i systemet til ulike tider og betydningen av riktig stimulering og erfaringer.

Annerledes hjerneutvikling

Med hjernens kompleksitet og lange utviklingsperiode er den sårbar for å bli forstyrret i sin utvikling ved en rekke ulike hendelser. Det kan være avvik i det normale genetiske programmet for nevronal vekst eller innflytelse fra ytre faktorer, som toksiske stoffer, infeksjoner og vedvarende høyt stress.

Tabell 2.1 Risikofaktorer for avvik i hjerneutviklingen.

Prenatale faktorer under svangerskapet

- Stress og alder hos mor
- Mors helse: infeksjonshistorie, rubella, cytomegalovirus, aids, herpes simplex
- Mors ernæring: dietter, underernæring
- Mors avhengighetsatferd: bruk av alkohol, marihuana, kokain, heroin, røyking
- Giftstoffer i omgivelsene: bly, stråling,
- Traumer

Postnatale faktorer

- Fødselskomplikasjoner
- Ernæring
- Giftstoffer i omgivelsene: bly, stråling
- Traumer
- Cerebrale infeksjoner
- Erfaringer i omgivelsene

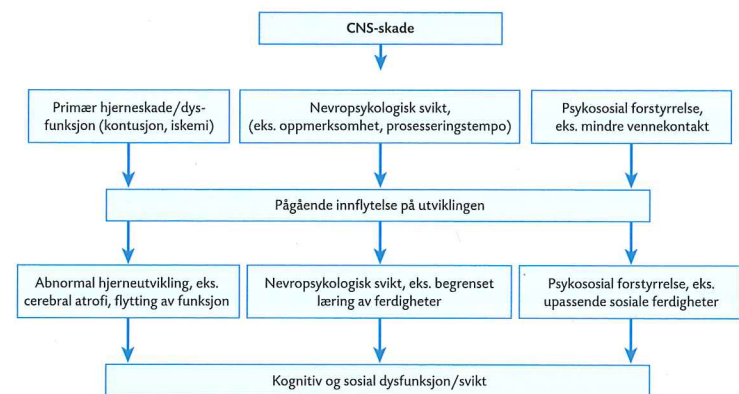
Risikofaktorer for avvik i hjerneutviklingen
Tradisjonelt er risikofaktorer for hjerneutviklingen blitt sett på som forårsaket enten av pre- eller perinatale nevroanatomiske eller nevrokemiske avvik i hjernen selv eller av påvirkninger fra omgivelsene. I dag tenker man at det – i alle fall når det gjelder de vanligste utviklingsforstyrrelsene – er en interaksjon mellom disse indre og ytre faktorene. Risiko, sett innenfor konteksten av den tilpasningsdyktige hjernen som vi beskriver i dette kapitlet, kan defineres som bortfall av mulige utviklingsveier som normalt er til stede. Et eksempel er undersøkelser av søsken til autister, der en ser at de har en annerledes hjerneaktivitet i visse områder enn personer i kontrollgruppen. Men de har også en kompensere aktivitet i et annet område. Dette mønsteret finner man ikke verken hos personer med autisme eller i kontrollgruppen.

Forstyrrelser i pre- og postnatal hjerneutvikling

Genetiske mutasjoner, traumer og infeksjoner er de vanligste biologiske årsakene til forstyrret hjerneutvikling i fosterlivet. Tidspunktet for den uheldige påvirkningen er avgjørende for utfallet. Jo tidligere den uheldige påvirkningen kommer, desto mer uheldig virkning vil den kunne ha for hvordan hjernen bygges (morfologien). For eksempel vil røde hunder i svangerskapets første trimester kunne gi omfattende skader i hjernens

struktur og funksjon. Senere i svangerskapet vil migrasjonsprosessen og den nevronale differensieringen bli skadelidende. Barn med malformasjoner i kortikal utvikling vil ofte ha multifokal patologi med en annerledes konstruert hjerne både kortikalt og subkortikalt. De frontale hjerneområdene er spesielt sårbare. En rekke kliniske utfall kan ledsages av en annerledes hjerneutvikling, som epilepsi, nevrologiske avvik, intellektuell funksjonsnedsettelse og utviklingsforsinkelser. Generelt ser det ut til at skadelige hendelser har størst effekt i perioder der hjernen er i sterk vekst (vekstspurtperiodene). En hodeskade hos et førskolebarn vil kunne få mer alvorlige følger enn hos et eldre barn (se kapittel 20). Dersom barnet har et dårlig omsorgsmiljø, vil det være ekstra sårbart og i «dobbeltrisiko». Et støttende og godt omsorgsmiljø vil mildne vanskene. Disse forholdene betyr at gode tiltak tidlig er viktig.

En skade i det første leveåret vil ha større effekt på generell kognitiv funksjon (IQ) enn hos et eldre barn. Men samtidig vil en skade som rammer språkområdet i tidlig barnealder (null–ca. åtte år), delvis kunne kompenseres ved at språkfunksjonen benytter seg av andre områder. Dette kan medføre at det «nye» språkområdet blir overbelastet (*crowding*), slik at de nonverbale funksjonene blir svakere enn forventet. Det er spesielt språkfunksjonen som er et prioritert funksjonsområde med stor fleksibilitet i systemet på denne måten.



Figur 2.3 Forenklet modell av tidlig skade og mulige virkninger på videre utvikling av ulike funksjoner. Modell revidert fra Anderson, Northam & Wrennall (2001).

Med den lange utviklingsperioden hjernen har, må en også være klar over at et barn med en annerledes utvikling av hjernen kan ha en normal utvikling over en lang periode, men så vokse inn i vansker når funksjoner knyttet til disse områdene er forventet modnet. Enkelte barn vokser inn i vansker når kravene til abstrakt logisk tenkning og abstraksjon kreves (ti–tolv år). Andre med en annerledes utvikling i prefrontale områder vil kunne streve når det forventes at de eksekutive funksjoner er på plass.

Ved skader hos barn er det klart mindre vanlig med spesifikk svikt, som afasi og apraksi, slik en ser hos voksne (se kapittel 1). Hos barn er det vanligste generell, diffus svikt og forstyrrelser av aspekter ved informasjonsprosessering og eksekutive funksjoner. Dette gjør det særlig aktuelt med nevropsykologiske undersøkelser i kliniske grupper, og da med spesiell vekt på oppmerksomhet, hukommelse og læring, psykomotorisk tempo, eksekutive funksjoner og sosial funksjon (se figur 2.3 og kapittel 14).

Oppsummering

Den menneskelige hjernen har en lang og kompleks modningsprosess som varer helt opp til voksen alder. Med ny teknologi innenfor nevrovitenskapene vet vi nå en del mer om hjernens utviklingsprinsipper, og vi vet at det ikke handler om en lineær og jevn progresjon. Den prenatale utviklingen følger i stor grad en biologisk, forutbestemt genetisk plan, med stor produksjon av nevroner, migrasjon og plassering i nevrale systemer i en kompleks serie av utviklingstrinn. Forstyrrelser, enten biologisk betinget eller ved miljømessig skadelige påvirkninger, kan føre til strukturelle avvik under dannelsen av hjernen. Utviklingen etter fødsel er i mindre grad genetisk bestemt, og gen–miljø-interaksjoner settes i spill. Den umodne hjernen er fortsatt sårbar for både påvirkning fra miljøet og for erfaringer barnet gjør, helt opp til voksen alder. Effektene av disse påvirkningene vil være avhengig av alder. Dys-

funksjonene som opptrer postnatalt, vil være assosiert med hvordan hjernen kopler seg opp, og hvor gode forbindelser som utvikles.

Referanser og anbefalt litteratur

- Anderson, V., Northam, J.H. & Wrennall, J. (2001). *Developmental neuropsychology. A clinical approach*. Hove: Psychology Press Ltd.
- Gazzaniga, M., Ivry, R.B. & Mangun, G.R. (2014). *Cognitive neuroscience: The biology of the mind* (4. utg.). New York: Norton.
- Goddings, A.L. & Giedd, J.N. (2014). Structural brain development during childhood and adolescence. I M.S. Gazzaniga & G.R. Mangun (red.), *The cognitive neurosciences* (5. utg.) (s. 15–22). Cambridge, Mass.: MIT Press. Jf. <https://www.amazon.com/Cognitive-Neurosciences-MIT-Press/dp/0262027771>
- Indhelder, B. & Piaget, J. (1958). The growth of logical thinking from childhood to adolescence. New York: Basic Books.
- Johnsen, M.H. (2011). *Developmental cognitive neuroscience* (3. utg.). Oxford: John Wiley & Sons.
- Kolb, B. & Fantie, B.D. (2009). Development of the child's brain and behavior. I C. Reynolds & E. Fletcher-Janzen (red.), *Handbook of clinical child neuropsychology* (s. 19–46). New York: Springer. Jf. <https://www.springer.com/us/book/9780387707082>
- Lenroot, R.K. & Giedd, J.N. (2006). Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30, 718–729.
- Stiles, J. & Jernigan, T.L. (2010). The basics of brain development. *Neuropsychology review*, 20(4), 327–348. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2989000/>.
- Thapar, A., Pine, D.S., Leckman, J.F., Scott S., Snowling, M.J. & Taylor, E. (2015). *Rutter's child and adolescent psychiatry* (6. utg.). Wiley Blackwell.

DEL 1B

DEN INTERAKTIVE HJERNEN: NOEN SENTRALE FUNKSJONER OG OMRÅDER

Innledning

I denne delen av boken er det valgt ut kunnskap, forskning og erfaring fra sentrale fagområder som er viktige for å forstå både barn og unge i normal utvikling og med ulike typer nevrou utviklingsforstyrrelser. Her belyses sentrale aspekter ved generell utvikling i barne- og ungdomsårene som er gjeldende for det å vokse opp, uavhengig av og på tvers av eventuelle diagnoser. Tilknytning er en basal mellommenneskelig prosess som ligger som en vekstbunn for den videre sosiale og kognitive utviklingen. Affekter og følelser er sentrale fenomener for menneskelig overlevelse, og «det affektive språket» er med på å lage tilknytningsbånd og reguleres og utvikles i samspillsituasjoner. I tråd med dette utvikler barnet sosiale samspillferdigheter i den nære kontakten med tilknytningspersonene. Forutsetningene for kontakt og samspill kan være forskjellige hos barn, men både språkutvikling og det å bli vist vei inn i den kulturelle og sosiale kontekst barnet er født inn i, hviler på det sosiale samspillet.

I oppvekstsituasjonen skal barn og unge etter hvert mestre å styre og regulere egne følelser og egen atferd og å planlegge egne handlinger. Disse funksjonene betegnes i dag som *eksekutive funksjoner* og har vært gjenstand for stor interesse og forskningsinnsats, ikke minst fordi en god utvikling av disse funksjonene har stor betydning for mestring av selvstendighet og tilpasning i voksenlivet.

Alle barn utsettes for påkjenninger og krenkelser i løpet av sin oppvekst. For en del barn er påkjenningene og opplevelsene så voldsomme at utviklingen deres forstyrres. Disse fenomenene kan gjelde for alle barn og innen alle de tradisjonelle diagnosegruppene.