

Fordypning F13.1

Forklaringer av hva fornuften er, fører til et selvreferanse-problem

En naturvitenskapelig forklaring av fenomener som bevissthet, tenkning og fornuft vil for eksempel fokusere på komplekse nettverk av nerveceller i hjernen, som kommuniserer med hverandre ved hjelp av elektriske impulser, *aksjonspotensialer*, og kjemiske signalstoffer, *transmittere*. Filosofen Descartes gjennomfører et stikk motsatt resonnement: Han bruker fornuften til å forklare og begrunne at naturen – «materien» – eksisterer. Hvilken forklaring som er «best» eller «sannest», er ikke uten videre gitt.

Innledningseksempelet i  *FRISK* kapittel 13 inviterer til funderinger over fenomenet *selvreferanse*: Når jeg skal forklare fornuften, bruker jeg jo nettopp fornuften, enten jeg anvender et naturvitenskapelig eller et filosofisk resonnement. Sagt på en annen måte: Går det an å forstå forståelse? Eller for å si det med Jostein Gaarder: «Hvis hjernen vår var så enkel at vi kunne forstå den, da ville vi vært så dumme at vi ikke forstod den allikevel.» En skeptiker kan hevde at vi på prinsipielt grunnlag må oppgi en slik ambisjon og akseptere at visse fenomener ikke lar seg erkjenne.

Fordypning F13.2

«Somatosensorisk» kan også brukes utelukkende i forbindelse med sanseimpulser fra huden og bevegelsesapparatet

Utrykket *somatosensorisk* kan ha en snevrere betydning enn den du møter i dette læreverket. Det brukes ofte utelukkende i forbindelse med sanseimpulser fra huden og bevegelsesapparatet, mens spesialsanser som syn og hørsel holdes utenfor. I dette læreverket har vi imidlertid valgt den vide betydningen av ordet.

Fordypning F13.3

De tre store nervene til armen er nervus medianus, nervus ulnaris og nervus radialis

Nervus medianus ligger på innsiden av bicepsmuskelen og følger arteria brachialis på overarmen (se  FRISK 16.4.4) ( FRISK figur 13.4a og 16.18). Den fortsetter på underarmen, dekket av muskler, og innnerverer blant annet håndleddets og fingrenes bøyemuskler og huden på tommelfingersiden av hånden. I albue-regionen ligger den derimot overflattisk og kan en svært sjelden gang skades ved feilplasserte forsøk på venepunksjon. Hvis det var pekefingeren som kom borti kokeplaten i innlednings-eksempelet i  FRISK 13.1, ble de afferente, sensoriske signalene formidlet i nervus medianus.

Nervus ulnaris følger nervus medianus på overarmen, men går på baksiden av albueleddet. Her er den lett å kjenne, og selv et forsiktig slag på nerven fører til et ubehagelig «enkemannsstøt». Nervus ulnaris innnerverer blant annet huden på lillefingersiden av hånden og muskler i hånden som er viktige for presise fingerbevegelser (skriving, knytting, plukke opp en liten gjenstand og så videre).

Nervus radialis ligger på utsiden av bicepsmuskelen og går på baksiden av underarmen. Den innnerverer huden på håndens overside (dorsalside) og muskler som strekker i albuen og i håndleddet.

Nervus ischiadicus deler seg like over knehasen til nervus fibularis og nervus tibialis

Nervus ischiadicus passerer ut av bukhulen på baksiden gjennom en åpning i bunnen av bekkenbeinet (foramen ischiadicum majus), slik at den blir liggende under musklene som utgjør seteballen (se  FRISK 16.5.4) ( FRISK figur 13.4a og 16.26). Her kan den bli skadet dersom intramuskulære injeksjoner settes feil. Deretter går den nedover på baksiden av låret og deler seg i to grener rett ovenfor knehasen. Den ene grenen, *nervus tibialis*, innnerverer blant annet musklene på baksiden av leggen som bøyer foten nedover (nødvendig for å kunne stå på tå), og fortsetter under den indre ankelknoken (mediale malleol) til muskler og hud på stortåsidens av foten. Den andre grenen, *nervus fibularis communis*, innnerverer musklene på fremsiden av leggen som bøyer foten oppover, og går i retning av den ytre ankelknoken (laterale malleol) til huden på fotryggen.

Andre viktige nerver fra flettverket i bukhuleområdet er *nervus cutaneus femoris lateralis*, som innnerverer huden på utsiden av låret, og *nervus obturatorius*, som går ut av bukhulen nær midtlinjen (i foramen obturatorium), og innnerverer hud og muskler på innsiden av låret (se  FRISK 16.5.4).

Fordypning F13.4

Niende hjernenerve formidler sensoriske signaler fra baroreseptorene, mens ellefte og tolvte hjernenerve styrer nakkemuskler og tungemuskler

Niende hjernenerve (n. IX), *nervus glossopharyngeus*, inneholder blant annet sensoriske aksoner fra baro- og kjemoreseptorer i arteria carotis, og innnerverer dessuten slimhinnen og muskulaturen i svelget. Ellefte hjernenerve (n. XI), *nervus accessorius*, innnerverer muskler i nakken og halsen som dreier hodet og løfter skuldrene (se  FRISK 16.3.2) ( FRISK figur 16.9). Tolvte hjernenerve (n. XII), *nervus hypoglossus*, innnerverer tungemuskulaturen.

Fordypning F13.5

Kjerner og baner dannes av projeksjonsnevroner som kontrolleres ved hjelp av innskutte internevroner

Nevroner som leder informasjon over lange avstander, og som derfor har lange aksoner (opp til én meter) kalles med et fellesnavn *projeksjonsnevroner*. Både motonevroner, sensoriske nevroner og nevronene som utgjør kjernene og banene i sentralnervesystemet, hører til denne gruppen. *Internevroner* har korte aksoner og ligger «innskutt» mellom nabonevroner i sentralnervesystemet ( FRISK figur 13.6). Internevronene er viktige for kontroll og regulering av funksjonen til projeksjonsnevronene.

Fordypning F13.6

Corpus pineale er en endokrin kjertel som produserer melatonin

Hjernestammen kan deles i flere avsnitt: *Medulla oblongata* (den forlengede marg), *pons* (hjernebroen), *mesencephalon* (midthjernen) og *diencephalon* (mellomhjernen); sistnevnte omfatter thalamus og hypothalamus ( FRISK figur 13.7a).

Bak thalamus, nærmest som et vedheng, ligger *corpus pineale* (epifysen eller konglekjertelen), som ifølge filosofen Descartes utgjorde forbindelsen mellom sjelen og kroppen. Corpus pineale er i likhet med hypofysen en endokrin kjertel, som produserer hormonet *melatonin*. Utskillelsen reguleres av lys og kan hos mennesker ha betydning for søvnrytmen og muligens bidra til å forklare hvorfor mange opplever økt søvnbehov om vinteren. Melatonin finnes hos mange dyr; hos fugler er dette hormonet viktig for sangen om våren.

Fordypning F13.7

Huden har reseptorer som hovedsakelig reagerer på temperaturendringer

Opplevelsen av varme og kalde omgivelser formidles av to ulike hudreseptorer, som stimuleres av henholdsvis høye og lave temperaturer på kroppsoverflaten. Begge reseptorene er imidlertid mest følsomme for temperaturendringer. Her er forklaringen på hvorfor det er vanlig å fryse med en gang man går ned i et svømmebasseng. Etter hvert blir reseptorene vant til lavere omgivelsestemperaturer, og dermed reduseres aktiviteten i de tilhørende sensoriske nevronene.

Fordypning F13.8

Flere områder av hjernebarken setter sammen ulike typer av sanseinformasjon til en enhetlig sanseopplevelse

Det primære sensoriske barkområdet sender sanseinformasjon videre til nærliggende barkområder, særlig i parietallappen, der den bearbejdes og integreres til en enhetlig sanseopplevelse. I eksempelet med kokeplaten i  *FRISK* 13.1 oppfatter vi jo ikke smerte, varme, berøring og bevegelse som uavhengige av hverandre, men som uttrykk for en og samme hendelse. Når sanseinformasjonen fra fingeren også koples sammen med synsinntrykk, kan hjernen konkludere med at «venstre pekefinger kom borti en varm kokeplate».

Akupunktur og stress hemmer sannsynligvis smerte ved hjelp av de nedstigende banene fra retikulærsubstansen

En effekt av *akupunktur* er sannsynligvis aktivering av de «smertestillende» banene fra retikulærsubstansen. Slik aktivering kan også skje i svært stressende situasjoner – det hender for eksempel at forulykkede personer ikke kjenner smerte fra skadede kroppsområder før de blir tatt hånd om av helsepersonell, slik at de klarer å slippe av. I dette tilfellet er aktivering av de «smertestillende» banene ledd i en generell stressrespons som også gir opphav til en rekke andre funksjonelle omstillinger, som rask puls, høyere blodtrykk, økt blodsukker og så videre (se  *FRISK* 12.2.4).

Bevisste, mentale prosesser, som først og fremst er knyttet til hjernebarken, har også stor betydning for smerteopplevelsen. Kombinasjonen av smerte og *angst* oppleves ofte som svært ubehagelig. En pasient med magesmerter får for eksempel umiddelbart mindre vondt dersom vi kan forsikre vedkommende om at smertene ikke skyldes kreft, men ufarlig mageknip. Enkelte mennesker kan kople ut smertefølelsen fullstendig ved hjelp av tankevirksomhet – tenk på fakirer som ligger på spikermatter. Her er enda et eksempel på den sterke forbindelsen mellom kroppen og «sjelen».

Fordypning F13.9

Ulike kjemiske forbindelser i innåndingsluften aktiverer ulike luktreseptorer i øvre del av nesehulen

Øverst i nesehulen, på hver side av neseskilleveggen, er det et kvadratcentimeterstort område av slimhinnen der utløpere fra tallrike nevroner trenger ned mellom epitelcellene (se figur). Disse utløperne fungerer som *luktreseptorer*. Hver av dem har forskjellige proteiner i cellemembranen som binder seg til ulike molekyler i innåndingsluften; en bestemt kjemisk forbindelse stimulerer altså bare én eller noen få reseptorer. Her er grunnlaget for at vi kan skille mellom et utall forskjellige lukter.

Sanseinformasjonen fra luktreseptorene ledes til områder i temporallappen som også har betydning for følelser

Afferente signaler fra luktreseptorene ledes i *nervus olfactorius* (luktnerven) gjennom taket i nesehulen inn i kraniehulen (se figur). Herfra går signalene videre til et område av hjernebarken nær spissen av temporallappen (tinninglappen), som er ansvarlig for bevisste luktopplevelser. Luktoppulsene tar altså *ikke* veien om thalamus, i motsetning til de fleste andre sanseimpulser.

Luktesansen er svært viktig for mange dyr, men spiller hos mennesket en underordnet rolle sammenliknet med syn og hørsel. Følgelig er relativt små områder av hjernen engasjert i å bearbeide luktoppulsene. Disse områdene er til gjengjeld nær forbundet med strukturer som er viktige for følelser – her er det biologiske grunnlaget for parfymeindustrien!

Figur tatt ut på grunn av rettigheter.

Fordypning F13.10

Sanseceller i smaksløkene på tungen setter oss i stand til å skjelne mellom søtt, surt, salt, bittert og umami

Smaksløkene er små strukturer som ligger spredt blant epitelcellene i tungeslimhinnen (se figur) (se  *FRISK* 9.1.2). Spesielle sanseceller i smaksløkene er i direkte kontakt med spyttet i munnhulen, og har – i likhet med luktreseptorene – proteiner i cellemembranen som kan binde seg til bestemte kjemiske forbindelser i maten.

Mens vi kan beskrive et utall forskjellige lukter, kan vi ved hjelp av smakssansen alene bare skille mellom fem ulike smaker: søtt, surt, salt, bittert og umami. (Umami er en behagelig smaksopplevelse som utløses av en bestemt aminosyre – glutamat.) Når god mat og drikke likevel kan gi oss rike smaksopplevelser, er årsaken kombinerte sanseimpulser fra smaks- og luktreseptorer. Her er forklaringen på hvorfor vinsmakere er nøye med å lukte på vinen før den drikkes, og hvorfor maten smaker lite når en forkjølelse gjør oss tette i nesen og hemmer luktesansen.

**Impulser fra smaksløkene ledes til thalamus
og derfra til ulike områder av hjernen**

Nerveimpulsene fra smaksløkene ledes hovedsakelig i *nervus facialis* (ansiktsnerven) til hjernestammen, deretter til thalamus, og derfra til det primære sensoriske barkområdet (se figur). I tillegg formidles smaksimpulser fra thalamus til områdene som bearbeider luktinformasjon. Dette er forutsetningen for en kombinert smaks- og luktopplevelse. Dessuten kan smaksimpulser påvirke kjerner i hjernestammen som styrer autonome funksjoner. Sur smak stimulerer for eksempel parasympatiske forbindelser til spyttkjertlene, slik at spyttsekresjonen øker (se  FRISK 9.2.2).

Figur tatt ut på grunn av rettigheter.

Fordypning F13.11

Type 1-muskelfibrer er langsomme, men utholdende;

type 2-muskelfibrer er raske og kraftige, men har lav utholdenhet

De tverrstripete muskelfibrene i skjelettmuskulaturen kan deles i undergrupper ut fra hvor hurtig de trekker seg sammen når de stimuleres. De tregeste kalles *type 1*. Disse fibrene har til gjengjeld stor evne til aerob metabolisme og har derfor høy utholdenhet (se  FRISK 2.3.1). *Type 2*-fibrene er raske og kraftige, men utholdenheten er lav, fordi disse fibrene i større grad er tilpasset anaerob metabolisme.

De ulike musklene hos mennesket inneholder en blanding av begge fibertypene. Stående stilling forutsetter for eksempel en svak, men kontinuerlig sammentrekning av muskler i beina, og til dette formålet brukes først og fremst *type 1*-fibrene. Kortvarig sprint krever raske, kraftige kontraksjoner – da brukes *type 2*-fibrene i tillegg.

Som følge av genetisk variasjon er det store individuelle forskjeller i musklenes fibersammensetning, noe som har betydning for muligheten til å bli dyktig i ulike idrettsgrener. Personer med stort antall av *type 1*-fibrer har et naturlig fortrinn i utholdenhetssidretter, som langrenn og langdistanseløp, mens personer med en høy andel av *type 2*-fibrer egner seg for idretter som krever stor hurtighet eller styrke, for eksempel sprint eller vektløfting.

Forskjellene i fibersammensetning er lett å iakttas hos dyr. De mørke beinmusklene hos kylling og det mørke kjøttet innerst mot virvelsøylen hos laks består vesentlig av *type 1*-fibrer, mens de hvite brystmusklene hos kylling og det røde laksekjøttet først og fremst inneholder *type 2*-fibrer.

Nikotinreseptoren og muskarinreseptoren er de to hovedtypene av acetylkolinreseptorer

Det finnes to hovedtyper av acetylkolinreseptorer: *Nikotinreseptoren* er typisk for tverrstripete muskelfibrer. Binding av acetylkolin resulterer i en svært hurtig kjedereaksjon som ender med økning av den intracellulære kalsiumkonsentrasjonen og muskelsammentrekning, som beskrevet i  FRISK 13.3.2. *Muskarinreseptoren* finnes i organer som mottar impulser fra den parasympatiske delen av det autonome nervesystemet. Det finnes forskjellige undergrupper av denne reseptoren, som gir opphav til ulike effekter ved stimulering med acetylkolin, noe vi omtaler nærmere i  FRISK kapittel 13.4.

Presis regulering av muskelkraften forutsetter små motoriske enheter

Jo færre muskelfibrer hver motorisk enhet inneholder, desto mer presist kan kraften i muskelsammentrekningen reguleres. Nøyaktige bevegelser er avgjørende for fingrenes og øyenes funksjon, og de motoriske enhetene i fingermusklene og i de ytre øyemusklene er derfor små. Muskler i armer og bein er derimot ikke bygd for finmotorikk, og de motoriske enhetene her er tilsvarende store.

Fordypning F13.12

Strekkerrefleksen kan bidra til å opprettholde balansen

Undersøkelse av strekkerrefleksen gir nyttig informasjon i forbindelse med sykdommer i nervesystemet. Hvilken funksjonell rolle denne refleksen spiller hos friske, er ikke fullstendig klarlagt, men sannsynligvis har den betydning for å opprettholde normal balanse. Dersom vi er i ferd med å falle i en bestemt retning, blir jo musklene på motsatt side av kroppen strukket, og en sammentrekning av disse musklene kan da bidra til at balansen gjenopprettes.

Strekreflekseen påvirkes av følsomheten i muskelspolen, som i sin tur kan reguleres av sentralnervesystemet. Disse spesielle reseptorene er nemlig forsynt med efferente nevroner av en egen type – såkalte γ -motonevroner. Økt aktivitet i disse nevronene øker følsomheten, slik at mindre strekk av muskelen er nødvendig for å utløse strekkreflekseen. Denne mekanismen kan for eksempel ha betydning når vi bruker fingrene til presisjonsarbeid: Økt følsomhet i muskelspolen gis oss da ekstra god kontroll på fingerbevegelsene.

Fordypning F13.13

Motonevronene kontrolleres også av baner fra vestibulariskjernene og retikulærsubstansen

Flere kjerner i hjernestammen, blant annet vestibulariskjernene og deler av retikulærsubstansen, har også baner til motoriske hjernenervekjerner og til ryggmargens ventralhorn. Vestibulariskjernene er i liten grad kontrollert av hjernebarken; forbindelsene til motonevronene er derfor først og fremst viktige for refleksbevegelser som bidrar til å opprettholde normal balanse (FRISK figur 13.15b).

Banene fra retikulærsubstansen sørger blant annet for at vi automatisk orienterer kroppen mot hendelser i omgivelsene, slik som når vi *skvetter*. Ettersom retikulærsubstansen mottar nervefibrer fra det primære motoriske barkområdet, er forbindelsen videre til motonevronene også av betydning for grovere, viljestyrte bevegelser.

Fordypning F13.14

Basalgangliene er en del av en signalsløyfe som begynner og slutter i hjernebarken

Mens de afferente banene til basalgangliene i stor grad kommer fra hjernebarken, går mange av de efferente banene til thalamus, som i sin tur sender impulser tilbake til hjernebarken. Basalgangliene er altså en del av en *signalsløyfe*. I tillegg til planlegging av bevegelsesmønstre ser det ut til at denne sløyfen har betydning for innlæring av bestemte bevegelser, for tempoet i bevegelsene og for kopling av bevegelse til motivasjon.

Mye tyder på at basalgangliene også har betydning for følelser og andre ikke-motoriske funksjoner som særlig er knyttet til frontallappen.

Forskjellige deler av lillehjernen koordinerer presise, viljestyrte bevegelser, automatiske bevegelser og balansereflekser

Noe forenklet kan vi si at lillehjernen returnerer efferente impulser til de samme områdene som den mottar afferente impulser fra. Dermed oppstår det *signalsløyfer*, på tilsvarende måte som i basalgangliene. Signalsløyfen mellom lillehjernen og det primære motoriske barkområdet har først og fremst betydning for de presise, viljestyrte bevegelsene som kontrolleres av pyramidebanen. Forbindelsene mellom lillehjernen og ryggmargen er viktigst for kontroll av grovere, mer automatiserte bevegelser, som blant annet styres av baner fra retikulærsubstansen. Impulsene til og fra vestibulariskjernene bidrar i første rekke til å samordne og kontrollere de refleksene som gjør at vi opprettholder balansen.

Lillehjernen kan deles i ulike anatomiske områder, som delvis samsvarer med de ulike funksjonelle oppgavene. Kontrollen av balanserefleksene ivaretas av to små strukturer, *flocculus* og *nodulus*, som ligger på lillehjernens underside, inn mot hjerne-

stammen. Disse strukturene kan man også identifisere hos laverestående dyr – de oppstod altså relativt tidlig i evolusjonen (se  FRISK 4.3). Andre deler av lillehjernen er spesielt velutviklet hos mennesket og har først og fremst betydning for kontroll av presise, viljestyrte bevegelser.

Eksempelet med hammeren og spikeren viser at lillehjernen også har betydning for motorisk *læring*. En snekker kan jo nærmest utføre denne bevegelsen «i søvne», mens en nybegynner ofte har problemer – og ikke sjelden treffer fingrene i stedet for spikeren.

Fordypning F13.15

Referert smerte kan skyldes at sensoriske nevroner i ryggmargen mottar signaler fra både innvollsorganer og huden/bevegelsesapparatet

Fenomenet referert smerte oppstår sannsynligvis fordi sensoriske nevroner i ryggmargen mottar signaler *både* fra nociseptorer i innvollsorganene og fra nociseptorer i huden og bevegelsesapparatet. Hjernebarken kan dermed ikke «vite» hvor en smerteimpuls kommer fra, men har «vent seg til» at slike impulser stort sett har sitt opphav i huden og bevegelsesapparatet.

Referert smerte illustrerer også effekten av segmental innervasjon (se  FRISK 13.2.2). Når gallesteinsanfall gir opphav til skuldersmerter, skyldes dette at både skulderen og galleveiene sender sensoriske signaler til det samme ryggmargsegmentet.

Signaler fra andre reseptorer i innvollsorganene formidles til hjernestammen

Stimulering av mekanoreseptorer og kjemoreseptorer i innvollsorganene gir stort sett ingen bevisst sanseopplevelse. De afferente signalene formidles i hovedsak til *retikulærsubstansen* og *hypothalamus*, som i sin tur står i kontakt med preganglionære autonome nevroner i ryggmargen og hjernestammen. Slike forbindelser er grunnlaget for autonome *reflekser*, for eksempel baroreseptorrefleksen.

Fordypning F13.16

Postganglionære sympatiske fibrer til svettekjertlene er kolinerge; binyremargen likner et sympatisk ganglion

De postganglionære sympatiske fibrer som innnerverer svettekjertlene i huden, bruker acetylkolin som transmitter i stedet for noradrenalin. Binyremargen er også spesiell og kan sammenliknes med et stort sympatisk ganglion. De preganglionære nevronene står i direkte kontakt med kjertelcellene, som altså erstatter de postganglionære nevronene. Signaloverføringen skjer følgelig ved acetylkolin, som ved alle overføringer mellom pre- og postganglionære nevroner (se  FRISK 12.2.3).

Fordypning F13.17

Acetylkolin fra postganglionære parasympatiske nevroner binder seg til muskarinreseptorer i målcellenes cellemembran

Vi har tidligere omtalt den kolinerge *nikotinreseptoren*, som er ansvarlig for signaloverføringen fra motonevronene til tverrstripede muskelfibrer. I de autonome gangliene skjer også signaloverføringen ved hjelp av nikotinreseptorer. Glatte muskelceller, hjertemuskelceller og kjertelceller som kontaktes av postganglionære parasympatiske nevroner, inneholder imidlertid *muskarinreseptorer*, som i sin tur kan deles i mange undergrupper. I hjertet er det én av disse undergruppene som er ansvarlig for at parasympatiske nerveimpulser gir redusert hjerterefreks, mens en annen undergruppe dominerer i tarmen og fører til økt peristaltikk ved parasympatisk stimulering.

Enkelte effekter av parasympatisk nerveaktivitet formidles ikke av acetylkolin, men av andre transmittere – ofte dreier det seg om svært korte proteinmolekyler.

Fordypning F13.18

Retikulærsubstansen har betydning for flere cirkadiane rytmer

Søvn-våkenhetsrytmen er *cirkadian*, det vil si at den sammenfaller med et døgn. Retikulærsubstansen fungerer, i samarbeid med hypothalamus, altså som et slags indre urverk, noe man kan demonstrere eksperimentelt: Forsøkspersoner som holdes helt isolert fra omgivelsene, inkludert dagslyset, opprettholder likevel en søvn-våkenhetsrytme på ca. 24 timer.

Mange andre kroppsfunksjoner har tilsvarende cirkadiane variasjoner. Plasmakonsentrasjonen av kortisol og andre glukokortikoider er for eksempel høyest om morgenen og synker utover dagen mot et bunnivå omkring midnatt.

EEG gir informasjon om hjernens bevissthetsnivå

Ved EEG (elektroencefalografi) registreres elektrisk aktivitet i hjernen ved hjelp av elektroder som plasseres på huden i hodebunnen, på tilsvarende måte som ved EKG (elektrokardiografi) (se [FRISK 7.2.2](#)). EEG er en svært grov registrering, men likevel er det mulig å skille mellom ulike bevissthetsnivåer – altså ulik aktivitet av aktiveringssystemet i retikulærsubstansen – ved å studere bølgeformen i EEG-signalene. I klinikken er EEG spesielt viktig ved undersøkelse av pasienter med *epilepsi*, noe vi kommer tilbake til i [SYK 13.2.2](#).

Søvn og bevisstløshet er karakterisert av langsomme, regelmessige bølger, mens våken, oppmerksom tilstand innebærer raske, uregelmessige bølger. EEG-signalene under søvn er imidlertid ikke ensartede; ulike *søvnfaser* har hver sitt karakteristiske preg, og i én av disse fasene minner bølgene om dem man ser i våken tilstand. Samtidig kan man hos den sovende iakttas raske øyebevegelser, omtrent som når man ser på et objekt som beveger seg. Denne søvnfasen kalles derfor *REM* (rapid eye movement).

Det er i REM-fasene man *drømmer*. Drømmenes funksjon er i stor grad uavklart. Sigmund Freud (1856–1939), psykoanalysens far, fokuserte på fortrenge psykologiske konflikter, mens man fra en biologisk synsvinkel kan tolke drømmer som uttrykk for bearbeiding av mottatt sanseinformasjon og integrering av nye erfaringer med tidligere.

Fordypning F13.19

Limbiske strukturer har betydning for læring

Læring innebærer *atferdsendring*, og det er gode holdepunkter for at limbiske strukturer er viktige for i alle fall enkelte former for læring. Atferd som er forbundet med positive følelser, vil vi gjerne gjenta, mens vi forsøker å unngå atferd der vi husker følelsene som negative eller ubehagelige.

Dette utnyttes i forbindelse med *oppdragelse*, som jo blant annet består i å fremelske eller undertrykke bestemte typer av atferd ved å knytte innlæringen av denne atferden til positive eller negative opplevelser. En valp blir for eksempel renslig etter hvert som den husker at vannlating på stuegulvet er forbundet med ubehagelige følelser (redsel for eierens sinne), mens vannlating på gressplen er knyttet til positive følelser (ros fra eieren). Innenfor læringspsykologien snakker man om at atferden er *betinget* ved hjelp av positiv og negativ *forsterkning*.

Man kan også forestille seg at funksjonen til amygdala og andre limbiske strukturer er viktig for mellommenneskelige forhold. Andre mennesker vekker bestemte følelser i oss og gjør at vi reagerer med en bestemt kommunikasjonsatferd, som i sin

tur er betinget av hva vi tidligere har lært gjennom samkvem med andre. I samsvar med dette kan man ved skade på amygdala hos forsøksdyr (aper) observere manglende sosial tilpasningsevne.

Kunnskapen om det nevrobiologiske grunnlaget for psykiske lidelser er begrenset

Det er grunn til å understreke at vår forståelse av det nevrobiologiske grunnlaget for psykiske lidelser – inkludert depresjon og angstlidelser – er svært usikker og inneholder en rekke huller. En utfordring består i at slike tilstander, i likhet med normale kognitive og emosjonelle funksjoner, ikke kan knyttes til en bestemt anatomisk struktur, men snarere oppstår som følge av et dysfunksjonelt samvirke mellom en rekke forskjellige områder av hjernen.

Figur tatt ut på grunn av rettigheter.

Fordypning F13.20

Visse nevroner i hjernebarken kan etablere en assosiasjon mellom to ulike sanseinntrykk som sammenfaller i tid, noe som kan danne grunnlag for læring

Læring i vid forstand er et viktig stikkord for hjernebarkens funksjon. Et eksempel: Samordning av synsinntrykk og sanseimpulser fra bevegelsesapparatet, som er avgjørende for finmotorisk arbeid med hendene, krever *samtidig* bruk av begge sansesystemer fra tidlig barnealder. Dersom man midlertidig blokkerer et av disse sansesystemene hos forsøksdyr (aper) etter fødselen (for eksempel ved å sy igjen øyelokkene), blir slik samordning umulig selv etter at normal sansning er gjenopprettet. Dyrene har gått glipp av *læring* i en avgjørende periode av livet.

Kopplingsmønsteret til enkeltnevroner i hjernebarken utgjør sannsynligvis et strukturelt grunnlag for slik læring. Det er vist at enkeltnevroner permanent kan endre sine synaptiske forbindelser dersom de stimuleres *samtidig* fra to forskjellige områder. Vi kan altså forestille oss at nevronene reagerer med et permanent «spor» når to ulike hendelser *sammenfaller i tid*. Dermed etableres en *assosiasjon* mellom de to hendelsene.

Transmitteren *glutamat*, som i likhet med GABA er en aminosyre, er viktig for slike permanente hukommelsesspor gjennom virkningen på et bestemt reseptorprotein, den såkalte NMDA-reseptoren.

Lobotomi innebærer overskjæring av visse nervebaner fra frontallappen

Lobotomi er et kirurgisk inngrep der man setter deler av frontallappen ut av funksjon ved å kutte forbindelsene til andre områder i hjernen. Denne behandlingsformen ble brukt mot alvorlig, kronisk sinnslidelse frem til ca. 1960 og hadde positiv effekt hos mange pasienter. Metodens grunnlegger, portugiseren Egaz Moniz (1874–1955), fikk til og med nobelprisen.

Komplikasjonene var imidlertid også formidable. Mange pasienter døde, og de som overlevde, ble kronisk personlighetsforandret. I ettertid har derfor lobotomi-behandlingen blitt meget kraftig kritisert og av mange stemplet som dypt uetisk. Andre betrakter denne kritikken som urettferdig, og mener at man må ta høyde for at lobotomi en periode var den eneste behandlingsformen man kjente til mot alvorlige sinnslidelser. Effektive legemidler kom nemlig ikke på markedet før i 1960-årene.

Hippocampusformasjonen i temporallappen

har betydning for læring og hukommelse

Hippocampusformasjonen er en del av temporallappen og regnes med til de limbiske strukturene ( FRISK figur 13.21). Like fullt har dette spesielle området av hjernen også stor betydning for *kognitive* egenskaper som hukommelse og læring, i samarbeid med andre barkområder.

Hippocampusformasjonen blir, som resten av hjernebarken, «overrislet» med blant annet acetylcholin fra aksoner som hører til aktiveringssystemet i retikulærsubstansen. Sviktende hukommelse kan skyldes forstyrrelser i funksjonen til denne delen av aktiveringssystemet. Pasienter med *demens* (for eksempel Alzheimers sykdom) lider av betydelig hukommelsessvikt, og har ofte nytte av legemidler som øker mengden av acetylcholin i hjernen.

Hippocampusformasjonen er viktig for deklarativ hukommelse

Hippocampusformasjonen har særlig betydning for *deklarativ* hukommelse, det vil si hukommelse om hendelser og fakta (hvor satte jeg strykejernet, når var slaget på Stiklestad, hva heter statsministeren, osv.). Alle former for boklig, intellektuell læring, slik som du driver med nå, forutsetter altså normalt fungerende hippocampusformasjon. *Non-deklarativ* hukommelse, som blant annet omfatter ferdigheter og vaner (fotballsparking, pianospill, bruk av spisebestikk), ivaretas derimot av andre områder av hjernebarken, i samarbeid med basalgangliene og lillehjernen.

Det er først og fremst *korttidshukommelsen* som ivaretas av hippocampusformasjonen. Langvarig deklarativ hukommelse, altså fakta vi husker i mange år, skyldes sannsynligvis permanente «hukommelsesspor» andre steder i storhjernen. Slik langtidshukommelse kan imidlertid ikke etableres dersom opplysningene ikke først har blitt «bearbeidet» i hippocampusformasjonen. Følgelig kan pasienter med skader i disse områdene av temporallappene huske hendelser som ligger langt tilbake i tid,

men det er umulig for dem å huske *nye* hendelser; de vet når andre verdenskrig brøt ut, men de glemmer hvilken dag det er og hvor de la fra seg brillene.

Hippocampusformasjonen lagrer ny kunnskap etter et assosiasjonsprinsipp

«Datalagringen» i hippocampusformasjonen skjer sannsynligvis etter et assosiasjonsprinsipp, der for eksempel hukommelse om fakta knyttes til hukommelse om et sted eller en spesiell situasjon. I samsvar med dette har eksperimenter vist at dersom man lærer en tallrekke under vann, er det lettere å huske den samme tallrekken under vann enn på land. Her er det en parallell til de pedagogiske og læringspsykologiske prinsippene som ligger til grunn for denne boken: En begrunnelse for bruk av sykehistorier er jo nettopp at innlæringen knyttes til situasjoner som minner om den praktiske yrkesutøvelsen (se  FRISK 1.2.2).

Vi må imidlertid understreke at det er svært langt igjen før man kan forklare læring biologisk eller begrunne ulike pedagogiske virkemidler ut fra kunnskap om hjernens biologiske funksjon. Fenomener som intelligens og kreativitet, som også er viktige i en læringssituasjon, har man i enda mindre grad presis biologisk kunnskap om.

Et bestemt område av temporallappen er særlig viktig for evnen til å gjenkjenne ansikter

Andre deler av temporallappen enn hippocampusformasjonen er sannsynligvis viktige for tolkning av synsinntrykk, og et bestemt område synes å være av stor betydning for evnen til å *gjenkjenne ansikter*. Hos forsøksdyr (aper) er det påvist at nevroner i dette området reagerer når apen presenteres for en ansiktstegning. Enkelte nevroner reagerer imidlertid først og fremst når ansiktet er avbildet rett forfra, andre reagerer primært på profiler. Noen nevroner reagerer på alle ansikter, andre reagerer selektivt på bestemte ansiktsformer.

I lys av evolusjonsteorien kan vi tolke dette som uttrykk for at mennesket er tilpasset en sosial tilværelse, som omfatter samarbeid og samvirke med andre individer av samme art (se  FRISK 4.3).

Språkfunksjonen er ikke begrenset til Brocas og Wernickes områder; det er en viss arbeidsdeling mellom hemisfærene

Sannsynligvis er store deler av hjernen engasjert i språkproduksjon og språkforståelse. Selv om venstre hemisfære er viktigst, er det vist at også høyre hemisfære har betydning.

Det er også en viss arbeidsdeling mellom hemisfærene på andre områder, for eksempel later det til at høyre hemisfære er «flinkere» til å oppfatte og analysere former og romlige forhold, og til å koordinere oppfattelsen av flere samtidige stimuli. Venstre hemisfære synes derimot å ha størst betydning når det gjelder detaljer og rekkefølge. Forholdene er svært kompliserte og mindre skjematisk enn slike forenklinger kan gi inntrykk av. Det er like fullt mulig at de to hemisfærene «oppfatter» omgivelsene på hver sin distinkte måte, noe som igjen får betydning for vår forståelse av hvordan verden «er»: Dersom høyre hemisfæres «oppfatning» dominerer, kan man for eksempel ha større forståelse for helhet og sammenheng, men mindre forståelse av den logiske sammenhengen mellom enkeltelementer. En britisk psykiater, Iain McGilchrist, har argumentert for at vekslende hemisfæredominans henger sammen med kulturhistoriske endringer, og at bestemte historiske perioder er preget av «oppfatningene» til en av de to hemisfærene. Vår egen samtid har for eksempel en tendens til å se på menneskekroppen som en «samling av organer» og

ikke som en integrert helhet, og i samsvar med dette organiseres helsevesenet i noen grad etter prinsipper fra mekanisk industri. Men denne tilnærmingen til kropp og helse samsvarer med en dominans av venstre hemisfære; dersom høyre hemisfæres «oppfatning» av verden fikk dominere, ville vi kanskje betrakte kroppen annerledes, og organisere helsetjenesten etter andre prinsipper.