

Professor dr. med **Per Brodal** ved Universitetet i Oslo, fysioterapeut **Britt Fadnes** ved Voksen-psykiatrisk poliklinikk, Molde Sjukehus, og fysioterapeut **Kirsti Leira** ved Gjemnes Fysioterapi på Nordmøre har siden 2001 samarbeidet om Balanseprosjektet. Utgangspunktet var ønsket om å utdype betydningen av kroppslig balanse sett i lys av nyere nevrobiologisk kunnskap, samt å se på sammenhenger mellom kroppslig og mental balanse. I den første artikkelen tar Brodal for seg det nevrobiologiske grunnlaget for balanse. I artikkelen som Fadnes og Leira har skrevet får vi et innblikk i arbeidet med å oppdatere pasientenes kroppsbilde. To pasienthistorier utdyper temaet ytterligere.

# Det nevrobiologiske grunnlaget for balanse

**Per Brodal, professor dr. med.**  
Afdeling for anatomi, Universitetet i Oslo  
p.a.brodal@medisin.uio.no

## Innledning

Menneskekroppen er egentlig dårlig tilpasset vertikal balanse: den har høyt tyngdepunkt, den består av mange bevegelige segmenter opp på hverandre og har liten understøttelsesflate. Fordelen er blant annet at en slik multisegmental utforming tillater at balansen kan bevares i mange ulike stillinger og under bevegelser (1). Men dette stiller store krav til hjernens evne til informasjonsbehandling.

Det rare er kanskje ikke at noen mennesker er svimle eller har balanseproblemer, men at de aller fleste ikke har det!

På grunn av de biomekaniske forutsetningene, men også fordi livet stort sett leves i bevegelse, er balanse i vår sammenheng dynamisk, ikke statisk. utfordringen for hjernen er ikke å sørge for at vi holder balansen i sengen, når vi sitter på en stol eller lener oss mot en vegg, men å sikre balanse som en forutsetning for så godt som alle våre handlinger. Det er ikke mulig å ignorere manglende balanse – balanse er et imperativ. Vi kan ikke ta sjansen på «å vente og se» hvordan det går når vi setter i gang et bevegelses-

prosjekt – vi må kunne stole på at balansen holder. Derfor hindrer manglende balanse eller manglende *forventning* om evne til en trygg, oppreist stilling de fleste av våre målrettede handlinger (tilsvarende kan man kanskje si at psykisk balanse er en forutsetning for hensiktsmessige mentale handlinger).

Forventning er på mange måter et nøkkelord når det gjelder å forstå menneskers atferd – «we are controlled by predicted consequences of our behavior as much as by the immediate antecedents», sier nevropsykologen Larry Weiskrantz (2). Derfor er det kanskje i like stor grad spørsmål om et menneske *forventer* å holde balansen ved

## Sammendrag

Artikkelen tar for seg perifere og sentrale forutsetninger for postural kontroll. Tidligere har oppmerksomheten vært mest rettet mot perifere reseptorer og posturale reflekser som avgjørende for balanse. I dag er det en økende erkjennelse av betydningen av kortikale prosesser og at postural kontroll er langt mer fleksibel og kontekstavhengig enn tidligere antatt. Dette er egentlig å forvente fordi postural kontroll hele tiden må innordnes i individets overordnede «bevegelsesprosjekter». Videre er svært mye av kontrolltiltakene antisipatoriske. Det vil si at de kommer før en eventuell forstyrrelse

av balansen har inntrådt og er basert på såkalte indre modeller av virkeligheten som i hovedsak er bygget opp gjennom erfaring. Det er påfallende at nettverkene for kroppsbilde og postural kontroll til dels sammenfaller med nettverk for smerte, motivasjon og affekt. Ved å se balanse i en kroppslig sammenheng, er det sannsynligvis større sjanse til å komme videre i forståelsen av de mange pasienter hvis balanseproblemer og uklare kroppslige fenomener ikke lar seg forklare av «enkle» perifere eller sentrale lesjoner. Nøkkelord: postural kontroll, balanse, kroppsbilde.

ulike aktiviteter som om hvor god balansen objektivt sett er (objektiv i den forstand at man kan måle graden av ubalanse ved kontrollerte utfordringer, for eksempel i stående stilling på en bevegelig plattform). Angst for å falle – det vil si manglende forventning om å lykkes – påvirker den posturale kontrollen på en slik måte at sikkerhetsmarginen øker på bekostning av suksessfull fullføring av oppgaver (3). Pasienter med såkalt *postural føbisk vertigo* opplever svimmelhet og subjektiv følelse av ubalanse til tross for normale resultater ved kliniske balansetester (4).

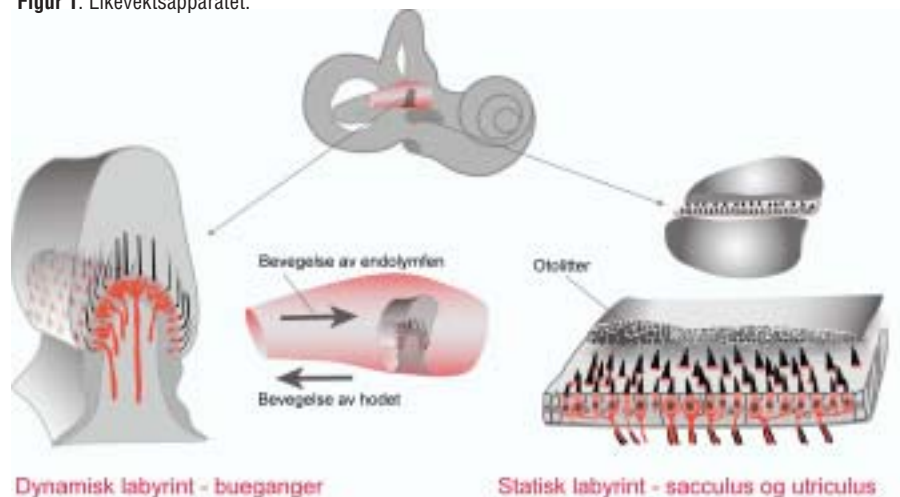
### Perifere forutsetninger for balanse

Hva er forutsetningene for god balanse? Det «laveste» nivået av forutsetninger gjelder biomekaniske forhold i kroppen – for eksempel at kroppens akser er tilnærmet normale og at muskelstyrken er tilstrekkelig til å motstå de store kreftene som truer balansen og så videre. Det er åpenbart at hvis musklene ikke raskt kan utvikle store momenter i vektbærende ledd, hjelper det ikke hva sentralnervesystemet har å by på. Hos mange eldre er nok tap av muskelkraft en faktor som bidrar til dårlig balanse – en svekket muskel vil kreve enda bedre sentral kontroll for å gjøre samme jobb som tidligere, mens det motsatte oftest er tilfelle (vi vet blant annet at sanseinformasjonen svekkes med alderen, og at den sentrale behandlingen blir langsommere).

Hvis sentralnervesystemet skal kunne gjøre jobben sin som kontrollorgan, må det også få tilstrekkelig informasjon om kroppens stilling og bevegelser – slik at tyngdepunktets posisjon og bevegelser i forhold til understøttelsesflaten kan beregnes. Alle sanseorganer som kan informere om kroppens stilling og bevegelser kan være til hjelp i denne sammenheng. Det gjelder øyet, proprioseptorer, hudreseptorer og likevektsorganet i det indre øret. Det er grunn til å understreke at sanseinformasjonen ikke bare trengs for løpende postural kontroll, men også for at vi skal kunne lære av erfaringer når det gjelder å holde balansen under skiftende forhold.

Hvis vi begynner med *likevektsapparatet* (Figur 1) gir buegangene informasjon om hodets rotasjonsbevegelser i alle tre plan. Ved start på bevegelse (vinkelakselerasjon) beveger hodet seg mer enn endolymfen som «henger igjen» på grunn av sin treghet. Dermed avbøyes sansehårene på sansecellene i buegangene. Når rotasjonen av hodet stanser, fortsetter væsken å bevege seg en liten stund og sansehårene bøyes i motsatt retning. Hjernens må transformere signalene

Figur 1. Likevektsapparatet.



(det vil si frekvensen av aksjonspotensialer) fra alle seks buegangene (tre på hver side) til en entydig beskrivelse av hodets bevegelsesretning og -hastighet. Sansecellene som kler de to flekkene (maculae) i sacculus og utricle påvirkes av tyngdekraften. Dette skyldes at sansehårene stikker opp i en geleaktig masse som inneholder små *ørestein* eller otolitter. De to maculae informerer om hodets stilling (statisk følsomhet) og om translasjonsbevegelser når farten endres (lineær akselerasjon) – for eksempel når en bil akselererer eller bremser.

Når det gjelder *proprioseptorer*, er det særlig *muskelspøler* (Figur 2) som kan gi relevant informasjon (5). Muskelspølene signaliserer musklers lengde (statisk følsomhet) og endring av lengde (dynamisk følsomhet), med en sterk favorisering av små, raske endringer. Dette forklarer hvorfor vibrasjon med cirka 100Hz er en effektiv måte å øke signaltrafikken fra muskelspølene i en muskel på. Vi vet at signalene fra muskelspølene påvirker monosynaptisk både internevrone og motonevrone i ryggmargen og også ledes hurtig til lillehjernen og hjernebarken. Signaler fra muskelspøler kan så raskt som i løpet av 50 millisekunder (underekstremiteten) fremkalle refleksmessig muskelkontraksjon som svar på strekk av en muskel. Det er åpenbart at i visse situasjoner vil en slik strekkerefleks kunne bety det tidligste bidraget til korreksjon av en balanseforstyrrelse, mens det i andre situasjoner vil forverre ubalansen. I samsvar med dette vet vi at selv monosynaptiske strekkereflekser er underlagt sentral modulering som sikrer at reflekssvaret dempes eller uteblir når det ikke er hensiktsmessig, men forsterkes der kontrak-

sjonen vil hjelpe balansekorreksjonen (6;7). Denne typen refleksmodulering er bruksavhengig og er et element i de plastiske endringene som ligger til grunn for motorisk læring (8).

Også *hudreseptorer* kan gi informasjon om kroppens stilling og tyngdepunktets posisjon. Særlig vesentlig er lavterskel mekanoreseptorer i fotsålen. Nervesystemet «avleser» sannsynligvis forskjeller i trykk mellom ulike deler av fotsålen. Dette forteller om tyngdepunktets posisjon i forhold til understøttelsen, dvs. fotsålen (9). I situasjoner med redusert sanseinformasjon og utfordret balanse, for eksempel stående stilling med samlede føtter med bind for øynene, øker kroppssvaien. Den reduseres imidlertid betydelig hvis en fingertupp berører en fast overflate selv med et meget lett trykk (10). Det er altså ikke snakk om mekanisk stabilisering, men om sanseinformasjon som tydeligvis er nok til å kompensere for manglende informasjon gjennom en annen kanal.

*Synsinformasjon* bidrar også til postural kontroll, selv om det vanligvis ikke er like avgjørende som vestibulær og proprioseptiv informasjon. Ved måling av kroppssvai med og uten lukkede øyne, fant man at bare omtrent halvparten av friske forsøkspersoner økte svaien med lukkede øyne (11). Også andre undersøkelser tyder på at det er betydelige individuelle forskjeller i vekting av ulike kilder til sanseinformasjon.

### Seleksjon og tap av sanseinformasjon

Man skulle kanskje tro at jo mer informasjon hjernen mottar om kroppens stilling og bevegelser, jo bedre. Slik er det imidlertid ikke. Informasjon som når de sentrale nettverkene

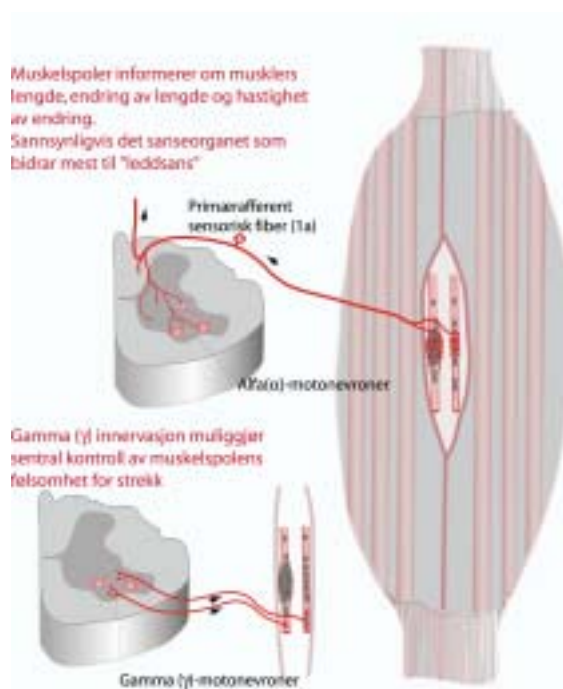
for postural kontroll, må behandles, tas stilling til og handles ut i fra. Som nevnt kan vi ikke tillate oss en vente-og-se-taktikk når det gjelder balanse. Et problem er at sanseinformasjonen gjennom én kanal sjelden er entydig (for eksempel synsinformasjon når man sitter i et tog og toget ved siden av begynner å bevege seg – er det jeg eller toget ved siden av som beveger seg?). Det er derfor en viktig oppgave for hjernen å kunne ignorere informasjon som ikke passer inn, og til en hver tid basere seg på den mest pålitelige kilden. Informasjonskilder med variabel input tenderer til å bli ignorert. Eldre kan være et eksempel: de synes å bruke proprioepsjon (muskel) mer etter hvert som syn og likevektssans avtar og kanskje blir mindre pålitelige (12).

Under pågående bevegelser er generelt signaltrafikken fra perifere sanseorganer til høyere nivåer *reduisert* (på grunn av nedstigende signaler fra hjernebarken). Dette kan virke motsatt av hva man ville forvente, men er sannsynligvis uttrykk for behovet for å ignorere selvgenererte sanseimpulser, det vil si slike som oppstår som en følge av ønskede bevegelser. Tilsvarende har man observert at stimulering av én sansemodalitet kan føre til redusert aktivitet i kortikale områder som behandler andre typer av sanseinformasjon (13-15). Det gjelder for eksempel redusert aktivitet (deaktivering) i kortikale områder som behandler informasjon fra likevektsapparatet i en situasjon hvor bevegelsesinformasjon primært kommer fra synssansen (13). Også det motsatte – deaktivering av visuelle områder i en situasjon med vestibulær stimulering – er observert.

Det er mulig at slike hemmende, gjensidige påvirkninger mellom kortikale områder er noe av grunnlaget for å kunne velge hvilken type sanseinformasjon som skal få størst betydning i en gitt situasjon – det vil si å kunne ignorere informasjon som blir bedømt som mindre pålitelig.

Mangel på informasjon gjennom en informasjonskanal kan til en viss grad kompenseres av en annen – for eksempel kan synet (delvis) kompensere for tap av informasjon fra likevektsorganet, og synet er ikke en nødvendig forutsetning for balanse hvis de andre informasjonskanalene fungerer. Stabilt tap av *vestibulærfunksjon* kompenseres vanligvis godt. For eksempel erstattes signaler

**Figur 2.** Muskelspølen. Sterkt forenklet. Merk hvordan muskelspølen er festet slik at strekke av muskelen også strekker muskelspølen.



fra likevektsapparatet om hodets bevegelser (som brukes til å korrigere øynenes stilling når hodet roteres, vestibulo-okulær refleks) nesten fullgodt av informasjon fra proprioseptorer i nakken (16). Generelt trenger ikke en reduksjon i sanseinformasjonen å bety balanseproblemer eller opplevelse av svimmelhet. For eksempel er det ikke vanlig med svimmelhet som symptom hos pasienter med en svulst på høre-og-likevektsnerven som fører til et gradvis tap av signaltrafikk både fra høreorganet og fra likevektsapparatet. Noen pasienter med redusert vestibulærfunksjon (og enkelte med normal) opplever imidlertid en form for svimmelhet (visuell vertigo) som utløses i komplekse og skiftende visuelle omgivelser, som kjøpesentre, bilkjøring etc. (17). Sannsynligvis skyldes symptomene en kombinasjon av særlig avhengighet av visuell informasjon for postural kontroll (det er som nevnt individuelle forskjeller i hvilken type informasjon man stoler mest på) og redusert evne til å løse konflikter mellom visuell og annen sanseinformasjon. Det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom symptomene og angstnivå eller tendens til bilsyke i barndommen.

**Postural kontroll er fleksibel og kontekstavhengig**

*Postural kontroll* dreier seg om å kontrollere kroppens stilling i rommet for å sikre dens balanse og orientering. Det engelske ordet *posture* defineres gjerne som den geometriske relasjonen mellom to eller flere kroppssegmenter. En komplett beskrivelse av hele kroppens geometri omfatter imidlertid også kroppens forhold til omgivelsene (12). Tradisjonelt har man konsentrert seg om et sett av *reflekser* som avgjørende for å sikre postural kontroll. (I begrepet *refleks* legger vi gjerne at det er et fast forhold mellom stimulus og respons, og at responsen er uavhengig av viljen.) Posturale reflekser brukes gjerne om automatiske responser utløst fra likevektsapparatet (vestibulære- eller labyrintreflekser) og fra proprioseptorer nær leddene i øvre del av nakken (nakkereflekser), og i noe mindre grad om segmentale strekkereflekser (spesielt utløst fra proprioseptorer rundt ankelleddene).

Selv om tilstedeværelse av disse refleksene utvilsomt er avgjørende for balanse, gir studiet av dem likevel bare begrenset innsikt i postural kontroll. I de senere årene er oppmerk-

somheten rettet mer mot hvordan reflekser i sin alminnelighet er underlagt sentral kontroll som tilpasser dem det totale bevegelsesprosjekt som hjernen håndterer. En enkel todeling i voluntære- og refleksbevegelser er i det hele tatt lite egnet til å beskrive de aller fleste av våre bevegelser, og de posturale refleksene er intet unntak (18). Utvilsomt er den britiske nevrologen Hughlings Jacksons beskrivelse fra 1880-årene mer dekkende for virkeligheten: han klassifiserte bevegelser i et kontinuerlig spenn fra de mest automatiske til de minst automatiske.

Normal postural kontroll er fleksibel og sterkt oppgave- og kontekstavhengig. De posturale refleksene (labyrintreflekser, nakkereflekser, segmentale strekkereflekser og andre) er underlagt en sterk, sentral kontroll som setter dem inn i en meningsfull sammenheng. Det er ikke vanskelig å skjønne at det må være slik: Som nevnt er postural kontroll en forutsetning for de fleste av våre målrettede handlinger, og stereotype responser som svar på for eksempel en bestemt bevegelse i ankelleddene vil hjelpe balansen i noen situasjoner mens det ville forverre den i andre. Følsomheten i refleks-sentrene reguleres hele tiden slik at refleks-

svarene kan forsterkes når *det* er hensiktsmessig, og undertrykkes når *det* er passende.

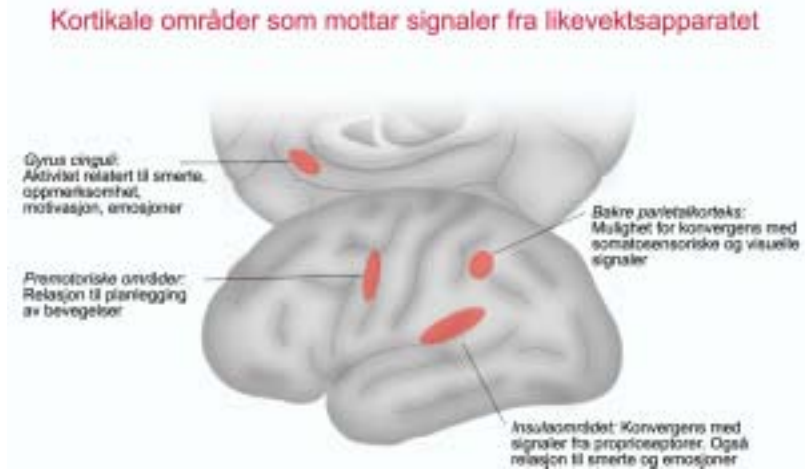
Konteksten avgjør responsen (i form av endret spenning i tallrike av kroppens muskler) på signaler fra for eksempel likevektsapparatet. Det er heller ikke nok for kontroll av våre målrettede bevegelser at balanseforstyrrelser rettes opp i ettertid som svar på signaler fra kroppens sanseorganer (feedback-kontroll). Våre bevegelser er avhengig av det som kalles *antisipatorisk* kontroll – det vil si at det sendes ut motoriske kommandoer *før* det er oppstått en forstyrrelse (feedforward-kontroll). Sentralnervesystemet må forutse hvordan balansen vil utfordres ved en bestemt bevegelse og inkorporere nødvendige kommandoer i det sentrale programmet for bevegelsen. Det vil si at endring av spenning i muskler med posturale oppgaver kommer *før* det kan ha kommet noen sensoriske signaler som forteller hvordan balansen virkelig er i øyeblikket.

Et eksempel på hvordan kontekst eller forventning påvirker postural kontroll kan nevnes. Forsøkspersoner som står på en plattform som forskyves viser stor variabilitet i responsmønstre, men uten tilsvarende variabilitet i balansen. En forskjell gjaldt om personen hadde åpne eller lukkede øyne: med åpne øyne holdes hodet stille, mens med lukkede øyne tillates hodet å bevege seg. Det betyr altså at ved samme forstyrrelse av balansen – som håndteres like sikkert i begge tilfeller – er det ganske ulike strategier som anvendes. «The results show that there exist a large variety of dynamic postures, rather than one particular configuration, which assure stability» (19). Det virker logisk at når øynene er åpne er det en fordel om hodet holdes stabilt, mens det ikke spiller vesentlig rolle hvis øynene er lukket. Selv om det her er snakk om reflektoriske eller automatiske responser i den forstand at muskelkontraksjon kommer for raskt til å kunne være voluntær (< 100 msek. etter bevegelse av plattformen) må endelig behandling av informasjonen skje i *hjernebarken* på en slik måte at aktiviteten i de ulike reflekssentrene i hjernestammen og ryggmargen samordnes.

#### Sentrale nettverk for postural kontroll

Det som er behandlet så langt tilsier at postural kontroll i stor grad avhenger av *nevralt nettverk i hjernebarken* som kan behandle de ulike typene av sanseinformasjon i sammenheng. Behovet for integrasjon og tolkning illustreres blant annet ved at signalene ofte ikke er entydige, og at det kan være

**Figur 3.** Områder som aktiveres ved stimulering av likevektsapparatet, bestemt ved positronemisjonstomografi (PET) og funksjonell magnetresonanstomografi (fMR). Basert på ref. 14, 21 og 22. Angivelsen av lokalisasjon og utbredelse er ikke nøyaktig. Bare de lokalisasjonene som går igjen i flere undersøkelser er vist.



**Figur 4.** Basert blant annet på elektrisk stimulering av eksponerte deler av hjernebarken i forbindelse med epilepsioperasjon. Området antas å svare til det viktigste projeksjonsområdet for vestibulære signaler (jf. Figur 3). Basert på ref. 24.

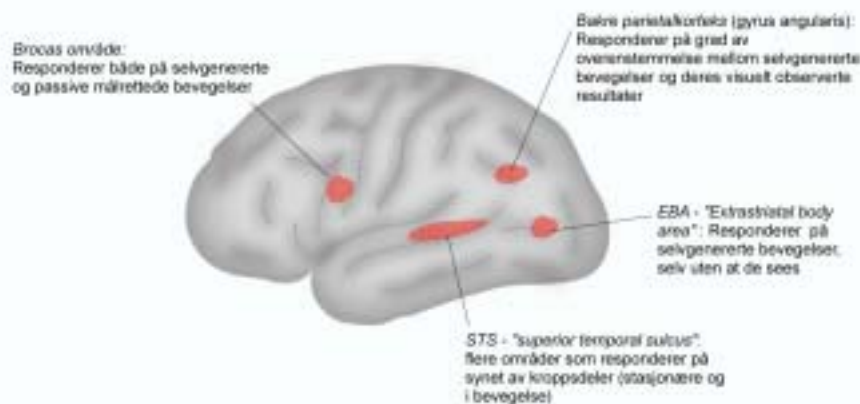


konflikt mellom signaler fra ulike typer reseptorer. Vi vet da også at relevant sanseinformasjon faktisk når hjernebarken og fører til bestemte sanseopplevelser. Signaler fra muskelspøler og hudreseptorer når kortikalt nivå meget raskt. Muskelspølenes informasjon til hjernebarken er sannsynligvis mye viktigere for balanse enn deres mulighet til å utløse segmentale reflekskontraksjoner. Vibrasjon over nakkemusklene fremkaller – i samsvar med deres kortikale representasjon – en følelse av ubalanse og eventuelt bevegelse av kroppen. Proprioseptiv informasjon fra forskjellige nivåer av kroppen – for eksempel fra nakken og leggene – integreres i hjernebarken, og bidrar både til postural kontroll og til opplevelse av kroppens orientering i rommet (20).

Tilsvarende når vestibulære signaler flere områder i hjernebarken (Figur 3) via omkopling i hjernestammen og i thalamus (21). Et hovedområde for vestibulære signaler synes å ligge i insulaområdet på overgangen mellom parietal- og temporallappene (22). De fleste kortikale områder som aktiveres fra likevektsapparatet mottar også signaler fra proprioceptorer (21) og må derfor antas å bidra til integrasjon av disse to typene av informasjon. I samsvar med dette viste en undersøkelse (23) at balanseproblemer hos slagpasienter opptrådte særlig ved skader i overgangen parietal-temporalkorteks. Det er også vist at elektrisk stimulering i denne regionen (figur 4), kan fremkalle opplevelse av ulike kroppstillinger og til og med en opplevelse av å se

**Figur 5.** Området som kalles EBA har egenskaper som gjør det særlig interessant for å kunne skille mellom egen og andres kropp – for eksempel om en bevegelse utføres av ens egen eller en annens hånd. Konvergens av visuell og proprioseptiv informasjon er sannsynligvis vesentlig i denne sammenheng. Basert på ref. 29 og 30.

**Noen kortikale områder som er involvert i aspekter av kroppsbevissthet**



sin egen kropp utenfra (24).

Andre områder hvor vestibulære og somatosensoriske signaler kommer sammen ligger i parietallappen og i premotorisk korteks (area 6). Med tanke på svimmelhet som et vanlig symptom ved psykiske lidelser er det interessant å merke seg at vestibulære signaler også når områder i deler av insula og gyrus cinguli. Disse områdene er også aktive ved smerteopplevelse og endrer aktivitet i relasjon til motivasjon og affekt (21).

Til sammen er det altså en rekke områder i hjernebarken som mottar og bearbeider informasjon som er relevant for postural kontroll og for vår subjektive opplevelse av kroppens stilling og bevegelser (Figur 5). Det finnes ikke ett område i hjernen som samler all informasjon. Derimot antas den samlede, enhetlige ytelsen å avhenge av et uhyre komplekst samspill mellom ulike aktører som alle behandler noe ulike aspekter av virkeligheten. Videre er det altså holddepunkter for at deler av nettverket for postural kontroll og kroppsbevissthet også er engasjert i andre nettverk som er relatert til smerteoppfattelse, motivasjon og affekt.

**Oppmerksomhetsressurser og balanse**

Siden det er mange holddepunkter for at hjernebarken deltar i betydelig grad i postural kontroll, er det interessant å vite om kontroll av balanse konkurrerer med andre kortikale prosesser om begrensete oppmerksomhetsressurser (i denne sammenheng brukes oppmerksomhetsressurser om

et individs kapasitet for informasjonsbehandling). Man har særlig studert dette ved å gi personer to oppgaver samtidig, hvorav den ene er en moderat krevende balanseoppgave. Den andre kan være en type kognitiv oppgave. Ett slikt forsøk medførte dårligere oppgaveløsning, men bare av oppgaver med romlige elementer, ikke av oppgaver av rent verbal karakter. Balansen var ikke forstyrret i disse forsøkene, sannsynligvis som uttrykk for at denne (fornuftig nok) prioriteres over løsning av kognitive oppgaver (25).

Selv om slike gjensidige påvirkninger mellom systemer for kontroll av balanse og for løsning av kognitive oppgaver ikke er fullt klarlagt, er det i alle fall interessant at en kamp om begrensete ressurser kan påvises hos friske unge personer selv ved relativt moderate utfordringer av systemene. Det er ikke urimelig å tro at når svimmelhet er et svært vanlig symptom ved flere psykiatriske lidelser og ved ulike former for angst- og urotilstander, kan det ha å gjøre med interferens mellom systemer som deler begrensete ressurser for informasjonsbehandling. Denne antagelsen styrkes av at det som nevnt ovenfor er overlapp mellom kortikale områder som behandler vestibulær informasjon og områder som er relatert til oppmerksomhet og emosjoner (21).

**Kroppsilde, indre modeller og balanse**

Informasjon som brukes til postural kontroll er åpenbart også essensiell for våre opplevel-

ser av og forestillinger om egen kropp – det vi kan kalle kroppsbevissthet eller *kroppsilde* (26). Samme type informasjon er også avgjørende for evnen til *romlig orientering*. Det betyr at kontroll og subjektiv opplevelse av balanse er knyttet til kortikale nettverk for kroppsilde, for romlig orientering og for det som gjerne kalles *indre modeller*. (Med indre modeller menes her nokså løselig hjernens lagrede informasjon om hva som skal til for å utføre bestemte handlinger – for eksempel noe så enkelt som å gå ned en trapp, eller strekke hånden ut og gripe et glass med vann). Det er rimelig at nettverkene som behandler ulike sider av kroppsoppfatning og bevegelser henger nøye sammen. For eksempel kan ikke nettverk som registrerer og bearbeider informasjon om kroppens stilling og bevegelser være uavhengige av nettverk som kontrollerer våre bevegelser. Kroppsildeinformasjon må hele tiden tilføres nettverk som planlegger bevegelser.

Hjernen synes å ha separate representasjoner av ulike aspekter av kroppen – den mentale representasjonen av kroppen er distribuert heller enn samlet i ett kroppscenter (27, 28). Det er blant annet separate representasjoner av *bevegelsesintensjon* og virkelige bevegelser. Også ulike *koordinat-systemer* er representert i noe forskjellige deler av hjernebarken (armen i forhold til resten av kroppen, armen i forhold til rommet, armen i forhold til gjenstanden jeg strekker armen ut mot og så videre). Det er også områder i korteks som har egenskaper som tyder på at de bidrar til å *skille egen kropp fra andres* (29, 30). Et avgjørende punkt er at de sentrale nettverkene ikke bare forholder seg til sanseinformasjonen, men også tar med i beregningen hvilke mål individet har i øyeblikket – hvilke bevegelser som er villet og forventningene til hva som vil skje.

At det hele som regel bindes sammen til en enhetlig opplevelse av egen kropp må avhenge av et uhyre komplisert samarbeid mellom alle de ulike aktørene. Samtidig er det kanskje ikke så vanskelig å forstå at skader av hjernebarken kan gi en rekke ulike forstyrrelser av kroppsilde. Tilsvarende er det kanskje heller ikke så merkelig at det samme kan opptre ved ulike psykiatriske lidelser (4). At bona eller andre kroppsdelene kan «forvinne» ved sterk angst kan også kanskje forstås innenfor en slik forklaringsramme.

En subjektiv opplevelse av å være i balanse er sannsynligvis avhengig av at informasjonen fra kroppen og omgivelsene er i

samsvar med de indre modellene og forventningene knyttet til dem. Berlucchi og Aglioti (26) snakker om «The real body and the body in the brain». Ved uoverensstemmelser mellom disse to oppleves usikkerhet om balansen, uansett om all «nødvendig» informasjon er på plass. Som oftest er det representasjonen av våre bevegelsesintensjoner som bestemmer hvordan vi oppfatter situasjonen, heller enn representasjonene av de virkelige konsekvensene (28). Ut fra slike betraktninger gir det mening å si (spissformulert) at forventningen om manglende mestring er dårlig mestring – og at balanse handler om forventning om å mestre potensielt farlige utfordringer.

**Litteraturliste**

1. Hodges PW, Gurfinkel VS, Brumagne S, Smith TC, Cordo PC. Coexistence of stability and mobility in postural control: evidence from postural compensation for respiration. *Exp Brain Res* 2002; 144:293-302.
2. Weiskrantz L. Consciousness lost and found: a neuropsychological exploration. Oxford University Press, 1997.
3. Adkin AL, Frank JS, Carpenter MG, Peysar GW. Fear of falling modifies anticipatory postural control. *Exp Brain Res* 2002; 143:160-170.

4. Berthoz A, Viaud-Delmon I. Multisensory integration in spatial orientation. *Curr Opin Neurobiol* 1999; 9(6):708-712.
5. Prochazka A. Quantifying proprioception. *Prog Brain Res* 1999; 123:133-142.
6. Dietz V, et al. Task-dependent modulation of short- and long-latency electromyographic responses in upper limb muscles. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1994; 93:49-56.
7. Hultborn H. State-dependent modulation of sensory feedback. *The Journal of Physiology* 2001; 533(1):5-13.
8. Edgerton VR, et al. Does motor learning occur in the spinal cord? *The Neuroscientist* 2002; 3(5):287-294.
9. Wu G, Chiang JH. The significance of somatosensory stimulations to the human foot in the control of postural reflexes. *Exp Brain Res* 1997; 114(1):163-169.
10. Lackner JR, DiZio PA. Aspects of body self-calibration. *Trends Cogn Sci* 2000; 4(7):279-288.
11. Lacour M, Barthelemy J, Borel L, Magnan J, Xerri C, Chays A et al. Sensory strategies in human postural control before and after unilateral vestibular neurotomy. *Exp Brain Res* 1997; 115(2):300-310.
12. Balsubramaniam R, Wing AM. The dynamics of standing balance. *Trends Cogn Sci* 2002; 6(12):531-536.
13. Brandt T, Bartenstein P, Janek A, Dieterich M. Reciprocal inhibitory visual-vestibular interaction. Visual motion stimulation deactivates the parieto-

insular vestibular cortex. *Brain* 1998; 121:1749-1758.

14. Bense S, Stephan T, Yousry TA, Brandt T, Dieterich M. Multisensory Cortical Signal Increases and Decreases During Vestibular Galvanic Stimulation (fMRI). *J Neurophysiol* 2001; 85(2):886-899.
15. Jahn K, Deutschlander A, Stephan T, Bruckmann H, Strupp M, Brandt T. Vestibular and Somatosensory Cortex Deactivation during Imagined Locomotion: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Ann N Y Acad Sci* 2003; 1004(1):469-472.
16. Strupp M, Arbusow V, Dieterich M, Sautier W, Brandt T. Perceptual and oculomotor effects of neck muscle vibration in vestibular neuritis - Ipsilateral somatosensory substitution of vestibular function. *Brain* 1998; 121(4):677-685.
17. Guerraz M, Yardley L, Bertholon P, Pollak L, Rudge P, Gresty MA et al. Visual vertigo: symptom assessment, spatial orientation and postural control. *Brain* 2001; 124(Pt 8):1646-1656.
18. Prochazka A, et al. What do reflex and voluntary mean? Modern views on an ancient debate. *Exp Brain Res* 2000; 130:417-432.
19. Schieppati M, Giordano A, Nardone A. Variability in a dynamic postural task attests ample flexibility in balance control mechanisms. *Exp Brain Res* 2004; 144(2):200-210.
20. Kavounoudias A, Gilhodes JC, Roll R, Roll JP. From balance regulation to body orientation: two goals for muscle proprioceptive information processing? *Exp Brain Res* 1999; 124(1):80-88.
21. Bottini G, Karnath HO, Vallar G, Sterzi R, Frith CD, Frackowiak RS et al. Cerebral representations for egocentric space: Functional-anatomical evidence from caloric vestibular stimulation and neck vibration. *Brain* 2001; 124 (Pt 6):1182-1196.
22. Emri M, Kiesely M, et al. Cortical projection of peripheral vestibular signaling. *J Neurophysiol* 2003; 89:2639-2646.
23. Perennou DA, Leblond C, Amblard B, Micallef JP, Rouget E, Pelissier J. The polymodal sensory cortex is crucial for controlling lateral postural stability: evidence from stroke patients. *Brain res bull* 2000; 53(3):359-365.
24. Blanke O, Landis T, Spinelli L, Seeck M. Out-of-body experience and autopsy of neurological origin. *Brain* 2004; 127(2):243-258.
25. Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & Posture* 2002; 16(1):1-14.
26. Berlucchi G, Aglioti S. The body in the brain: neural bases of corporeal awareness. *Trends Neurosci* 1997; 20(12):560-564.
27. Colby CL. Action-oriented spatial reference frames in cortex. *Neuron* 1998; 20(1):15-24.
28. Frith C. The pathology of experience. *Brain* 2004; 127(2):239-242.
29. Astafiev SV, Stanley CM, Shulman GL, Corbetta M. Extrastriate body area in human occipital cortex responds to the performance of motor actions. *Nat Neurosci* 2004; 7(5):542-548.
30. Jeannerod M. Visual and action cues contribute to the self-other distinction. *Nat Neurosci* 2004; 7(5):422-423.

## Studenter – bli med i fellesskapet!

Det er ingen grunn til å utsette det. Som medlem av Norsk Fysioterapeutforbund kan du være med å påvirke yrket ditt i den retning du ønsker. Fyll ut denne kupongen eller meld deg inn via vår hjemmeside – [www.fysio.no](http://www.fysio.no)

Navn: .....

Privatadresse: .....

Postnr. og steds: .....

Jeg vil bli medlem i NFF fra (måned og år): .....

Telefon privat: .....

Mobiltelefon: .....

E-post: .....

Fødsels- og personnummer (11 siffer): .....

Studiested: .....

Studiestart (måned og år): .....

Forventet ferdig med studiene (måned og år): .....

Fyll ut og send til:  
Norsk Fysioterapeutforbund, Boks 2704 St. Hanshaugen, 0131 Oslo.

