

Nevrobiologisk grunnlag for musikkterapi

Hans M. Borchgrevink

Innledning

Musikk er ikke-sproglig kommunikasjon med lyd. Selv om mennesket har utviklet verbal-sprog som et presist middel for kommunikasjon og tanke-utveksling, omgir vi oss likevel med musikk. Dette viser at musikk har et kommunikasjonspotensial i seg selv og kan formidle noe sproget ikke kan. Spedbarn er genetisk predisponert for musikalsk kommunikasjon (Zentner & Kagan 1996; Trehub 2003). Rotter trykker hyppigere på en knapp som gir konsonant treklang enn for en tilsvarende dissonans (Borchgrevink 1975).

Musikkterapi er bevisst bruk av musikk for å oppnå en effekt. Det kan være bruk av musikk for direkte kommunikasjon og samhandling som sådan, musikk som stimulering og variasjon til økt trivsel, eller musikk som *middel* til å oppnå noe annet. Musikk kan f. eks. brukes for å påvirke oppmerksomhet, følelser, bevissthetsnivå, kognisjon, adferd og kommunikasjon (se f. eks. Aldrigde 1996; Borchgrevink 1999; Hillecke, Nickel & Bolay 2005) og som strukturerende ramme for samhandling og trening. Samtidig sang og rytme kan også lette start og flyt i tale ved stamming, og ved visse typer afasi (sprogforstyrrelse etter hjerneskade) (Belin et. al. 1996), og lette start og motorisk koordinasjon ved nevrologisk bevegelsehemning, som ved Parkinson mv. (se Thaut 2005). Musikk kan også inngå som del av spesialpedagogiske og kommunikative tiltak, f. eks. for utviklingshemmede, autister mv.

Mange som er kandidater for musikkterapi har redusert funksjonsevne på grunn av en eller annen form for hjernefunksjonssvikt. Kunnskap om hjernen er derfor nødvendig for å vurdere personens *funksjonsprofil* (funksjonsevne på viktige delområder) og utviklingspotensialer slik at *valg av tiltak, tiltaksprofilen* (type og nivå av tiltak), *tilpasses personens evner og kapasiteter* for at personen best mulig kan dra nytte av tiltakene. Nevrobiologisk forskning har gitt økt kunnskap om hvordan hjernen kontrollerer musikk og mer konkret forståelse og vitenskapelig dokumentasjon av effekt av musikk i terapi og medisin. Dette er i ferd med å føre musikkterapi fra supplerende (adjunct) tilbud til en sentral behandlingsmodalitet i rehabilitering og terapi (Thaut 2005). Forståelse av hvordan hjernen virker blir derfor stadig viktigere innen musikkterapi. Denne teksten redegjør for nevropsykologiske prinsipper for tiltak og viktige trekk ved hjernens funksjon.

Nevropsykologiske prinsipper for tiltak

Hjernen kontrollerer kropp, adferd, tenkning, språk og handlinger.¹ Den gjør at vi kan oppfatte, bearbeide og reagere på påvirkning fra omgivelsene, gir evne til å kontrollere våre reaksjoner og evne til å tenke, planlegge, sette i gang og utføre ønskede aktiviteter. Adferd og funksjonsevne utvikles i kombinasjon mellom hjernens evner og utviklingspotensialer, og ytre påvirkning (undervisning, trening, læring). Avvikende adferd og dårlig funksjon kan selvfølgelig skyldes ytre forhold, men kan også skyldes svikt i personens (hjernens) evne til å oppfatte, bearbeide og mestre funksjoner på grunn av arv, sykdom eller skade. Sjansen for at svikten har hjerneorganisk grunnlag er stor hvis funksjonsevnen er svak, til tross for at oppvekstforhold og undervisning har vært god nok til å gi andre personer normal utvikling under samme forhold. Hvis funksjonen ikke normaliseres raskt ved stimulering av svak funksjon, bør man *ikke gi mer av det samme på den måte som har vist seg ikke å virke*.

Manglende effekt av tiltak tilsier at opplegget bør endres. Man bør da utrede personens sterke og svake funksjoner (*funksjonsprofilen*) ved å kartlegge nivå og evt. type svikt for hver sansekanal og for viktige delfunksjoner, som grunnlag for å finne tiltak han kan dra bedre nytte av. Som prinsipp må man anta at det er gunstigst å gi stimulering og undervisning innenfor personens oppfattelsesevne, og legge til rette for at han kan gi svar på en måte han behersker.

Tiltaksprofilen (type og nivå av tiltak) bør derfor avspeile, dvs. tilpasses funksjonsprofilen, ved at tiltakene (budskapet) legges så vidt innenfor kapasiteten på hvert delområde. For å sikre best mulig kommunikasjon og kognitiv stimulering bør man søke å legge hovedvekten på å *utnytte de sterke funksjoner*, der personen oppfatter og løser de mest avanserte oppgaver og funksjoner (vises av de perseptive deltester han skårer høyest på).

Videre bør man søke å *omgå eller skjerme de svake funksjoner*, og *avpasse krav og forventninger til kapasiteter og antatt utviklingspotensial* så oppgaver og utfordringer løses med mestring og mestringsfølelse. Svake funksjoner bør også stimuleres noe på sitt nivå da oppfattelse, forståelse og oversikt oftest lettes når budskapet presenteres fra ulike vinkler.

For å ta et eksempel: En gutt med kronologisk alder på 10 år og med visuell ikonisk funksjon på 8 års nivå (for bilder, demonstrasjoner), taleoppfattelse 2 års nivå, tale 1 1/2 års nivå og dårlig motorikk bør gis kognitiv stimulering med visuelle ikoniske oppgaver på 8 års nivå, ledsaget av pedagogens tale på 2 års nivå (dvs. telegramstil med betoning av viktige ord), og må få gi respons med enkeltord og demonstrasjon/handling/peking. Musikkterapitilbudet må tilpasses oppmerksomhet og motorisk nivå så tiltakene løses med mestring og mestringsfølelse.

Organisk hjernefunksjonssvikt (mindre "håndbagasje" enn andre) gir reduserte forutsetninger for å hamle opp med ugunstige ytre påvirkning og erfaringer. Under ellers like forhold kan personen dermed komme dårligere ut enn

¹ For referanser til ikke-spesifisert informasjon om hjernens funksjon, se Borchgrevink 2003.

andre på grunn av en *økt sårbarhet på grunn av redusert mestringsevne*. Eksempelvis har personer med sosial angst økt forekomst av hjerneorganisk svikt (Kristensen & Torgersen 2007), og tvillingstudier viser at genetisk legning gir økt sårbarhet for adferdsvansker ved ytre påvirkning (Maes, Silberg, Neale & Eaves 2007). Utnyttelse av personens ressurser og sterke sider og bevisst skjerming mot det som ikke mestres, vil gi økt sjanse for mestring og mestringsopplevelse og derved kunne forbygge negativ (sykdoms-) utvikling.

Hvordan fungerer hjernen?

Forskjellige funksjoner er lokalisert til ulike deler av hjernen. Det ytterste laget, *hjernebarken* (cortex), styrer avanserte funksjoner. *Fremre (frontale) deler* av hjernen kontrollerer oppmerksomhet, planlegning, adferdskontroll, uttrykk, motorikk og administrativ koordinering av hele hjernen. *Bakre deler*, inklusive tinninglappen, står for sansning og persepsjon (oppfattelse) – administrert fra fremre hjerne. Kroppslige (vegetative) funksjoner og reflekser kontrolleres stort sett ved automatiserte, pre-programmerte refleksaktige funksjoner i underliggende hjerneområder.

Hjerner celler og nervefibre

Hjernen består av hjerner celler og støttevev. Hver hjerner celle består av en "cellekropp" med lange utløpere (nervefibre) som er del av cellen. Hvis nervefibren kuttes, dør cellen. Hvis cellekroppen ødelegges, dør også cellens nervefibre. Døde hjerner celler og brutte nervefibre i hjernen erstattes ikke – skaden blir varig. Å omgå svikten ved kompensatorisk stimulering ved bruk av intakte hjerneområder blir derfor hovedstrategi for tiltak (jf. ovenfor).

Hjerner cellene mottar og sender kjemisk-elektriske signaler (nerveimpulser) inn til og ut fra cellekroppen gjennom inn-fibre og ut-fibre. Nerveimpulsene overføres mellom cellene ved at et kjemisk stoff (nerve-transmitter, av engelsk "transmit" = overføre) slippes ut fra en hjerner celledes ut-fiber i en koblingssone (synapse) mot mottagercellens kropp eller inn-fibre. Nerve-transmitteren har en tre-dimensjonal form og legger seg inntil en tilpasset "brygge" på mottagercellen for å overføre signalet. Ved gjentatt overføring endres synapsene egenskaper noe slik at impulsoverføringen går lettere. Repetisjon (trening) gjør at impulsoverføringen går glattere og signalet "går opp veier" fra celle til celle som signalet siden vil følge. Man har "programmert" (lagret) og til dels automatisert en ferdighet, f. eks. å svømme, spille et instrument.

Det finnes to hovedtyper nervetransmitter: *excitatoriske* (av engelsk "excited" = oppstemt) som setter i gang og overfører nerveimpulsaktivitet; og *inhibitoriske* (av engelsk "inhibit" = hemme) og som stopper eller hemmer impulsoverføring. En transmitter kan også blokkere "bryggen" for andre transmittere.

Hver hjerner celle står i kontakt med mange celler og mottar både excitatoriske ("start", + pluss) og inhibitoriske ("stopp", - minus) impulser. Hvis nettoeffekten av den samlede stimulering blir "pluss", sendes signalet videre, hvis

ikke stopper det opp. Nervetransmitteren suges raskt opp igjen av ut-fiberen så cellene klargjøres for ny impulsoverføring.

Nervemedisiner kan fremme impulsoverføringen ved å øke tilgangen på/utslipp av nervetransmitter (f. eks L-Dopa ved Parkinson), eller hemme gjenoppsugingen (f. eks. antidepressiva basert på Selective Serotonin Re-uptake Inhibition - SSRI), eller hemme eller blokkere inhibitorisk påvirkning. De motsatte prosesser vil hemme impulsoverføringen. Nervetransmittere finnes i to symmetriske tre-dimensjonale speilbildeutgaver, tilsvarende høyre og venstre hånd. Som bare høyre hånd passer i en høyrehanske, vil bare høyre-(dextro)-versjonen passe til en høyre-brygge på mottagercellen og kunne overføre signalet. Kugalskap skyldes at et nervetransmitter-lignende stoff (prion) gradvis går over til den ikke-fungerende speilbilde-versjon, og kua får tiltagende neurologisk svikt og dør.

Terskelverdi for impulsoverføring

En samling hjerneceller med samme funksjon kalles et *senter*. Nervefibrene kobler cellene og sentrene sammen i kjeder, kretser og nettverk. Å utføre en funksjon krever aktivering av mange hjerneceller og sentre koblet i slike kjeder, kretser og nettverk. Men prinsippet for nerveimpulsoverføring er det samme som på enkeltcellenivå. Start av funksjonen krever da at balansen mellom start- (excitatoriske) og stopp- (inhibitoriske) impulser ("netto +") overstiger en viss minimumsverdi (terskelverdi). Hvis ikke får man et startproblem, f. eks. talestart-problem ved stamming. Det at begge hjernehalvdeler aktiveres når man synger en melodi (Borchgrevink 1982) og musikk og rytme gir synkronisering av hjerneaktivitet i aktuelle områder (Thaut, Peterson & McIntosh 2005), gjør at aktiveringen bringes over terskel og muliggjør talestart og taleflyt hos pasienter med ekspressiv afasi (Belin et.al. 1996).

Reflekser – automatiske pre-programmerte funksjoner

De underliggende (sub-corticale) deler av hjernen som styrer kroppslige (vegetative) funksjoner og reflekser, er gjerne balansert slik at man får en automatisert, pre-programmert og hensiktsmessig refleksrespons på stimulering ("netto +"). F. eks. trekker man automatisk til seg hånden uten å tenke hvis man kommer nær en varm kokeplate.

Viljestyrt, kontrollert funksjon

Hjernebarken (cortex) står for kontrollert, viljestyrt, presis og koordinert funksjon. Viljestyrt koordinert funksjon krever bl.a. at en del av de automatiserte refleksene undertrykkes, dvs. at de kan kontrolleres ved hemning. Ved tap av hjernebarkceller på grunn av aldring, eller hjerneskade (se nedenfor), kan man få redusert evne til å undertrykke disse refleksene (dis-inhibisjon) og f. eks. bli lettere (emosjonelt) "rørt" enn tidligere. En muskel trekker seg sammen ved aktivering/stramning og forkortes. Ved bøyning av armen må man stramme bøymuskulene. Samtidig må strekkemuskulene avslappes – og vice versa. En nyansert

bevegelse krever fin-koordinering fra hjernen med dynamisk balansert +/- kontroll mellom excitatoriske og inhibitoriske motoriske systemer. Ved cerebral parese (CP) er denne balansen forstyrret – og bevegelsen blir grovere og mer unyansert (se nedenfor).

Hjerneutvikling med økende alder hos barn

Spedbarnet fødes med umoden hjernebark og har derfor en adferd preget av refleksrespons på stimulering (jf. ovenfor). Med økende alder skjer en gradvis *organisk modning av hjernebarken*. Det utvikles flere nervefiberforbindelser mellom hjernecellene. Dette gir et tettere nettverk med større kapasitet (større ”hard-disk”) og flere ledningsveier, som gir økt fleksibilitet, og økt differensiering av ulike deler av hjernen gir mer spesialiserte funksjoner. Økt *myelinisering* (en slags ”isolasjon” rundt nervefibrene som øker ledningshastigheten) gir raskere impulsledning (raskere ”processor”) som kan koordinere avanserte funksjoner raskere og bedre. Kombinert gir dette bedre, raskere og mer presis funksjon med alderen. Ved repetisjon (trening) endres synapsene noe og det ”gås opp veier” i nettverket som signalet siden følger. Man har programmert en ferdighet (se ovenfor). Denne programmering skjer lettest og mest effektivt i tidlige barneår mens hjernen er i modningsfase, og må for syn og hørsel skje før en viss kritisk alder (se nedenfor, samt Borchgrevink 2003), også for musikalske funksjoner (se Trehub 2005). *Hjernemodningen avspilles i barnets psykomotoriske utvikling*. Under rimelig normale ernærings- og stimuleringsforhold er hjernemodningen begrensende faktor for psykomotorisk utvikling. Hjernemodning og -utvikling skjer raskest i tidlige år og pågår til 16-18 års alder – jf. at det er aldersnormerte IQ-tester før dette. Ulike områder og funksjoner har ulik modningstakt og alder for ”voksen” funksjon – for minnespenn (se nedenfor) nås f.eks. voksen kapasitet ved ca. 7 års alder. Ko-ordineringsområder i fremre hjernebark modnes sist. Ved 18-20 års alder er kapasiteten og fleksibiliteten på topp.

Sansning og persepsjon

Sansecellene er spesialiserte hjerneceller som omformer ytre stimuleringsenergi (lyd, lys, mekanisk, kjemisk) til nerveimpulser som sendes i parallelle nervebaner til hjernen. For syn vil bildet av en gjenstand projiseres på netthinnen og derfra overføres via parallelle fibre til synsbarkens nivå 1, der bildet projiseres til et areal. Nervefibrene til synsbarkens nivå 2 konvergerer (går sammen) slik at det tilgrensende nivå 2 får oversikt over bildet og kan skille mellom ulike bilder og former (visuell diskriminering).

Tilsvarende har synsbarkens nivå 3 oversikt over nivå 2, og kan gjenkjenne bildet ved å konsultere hukommelsen (visuell identifisering). Både hørsel og kroppoppfattelse bruker tilsvarende prinsipp for persepsjon. Hørsel, syn og kropp opptar hver sine områder av hjernebarken. I nettverket i de mellomliggende områder, *assosiasjonsbarken*, kan sanseinformasjonen ”kobles”, styrt fra fremre (frontale) hjerne, slik at man forstår at for eks. den pennen man har og

kjenner i hånden er den samme som den man ser. Autister har problemer med slik *kryssmodal assosiasjon* på grunn av en fremre hjernesvikt.

Kritisk alder for funksjonsutvikling

Normal funksjonsutvikling krever adekvat sansestimulering og aktiv bruk og trening i visse sensitive perioder, og *før* en viss ”kritisk alder” for funksjonen for å danne de kretser og nettverk i hjernebarken som forestår persepsjon. Kritisk alder for syn og hørselsfunksjon er nokså like, forenlig med at hjernebarkens nettverksutvikling er begrensende faktor i begge tilfelle.

Ved *medfødt blindhet* på grunn av cataract (tett linse, grå stær) får man, hvis personen får operert inn:

- ny linse før 3m.: helt normal synsfunksjon
- ny linse etter 7 år: ingen synsfunksjon
- ny linse mellom 3m.- 7 år: økende svikt jo senere operasjon med vesentlig dårligere funksjon ved operasjon etter 2 år.

Ved *medfødt døvhet* får man, hvis personen får operert inn et spesielt høreapparat:

- cochlea-implantat ved 6-12 mnd: nærmest normal verbal tale og taleoppfattelse forutsatt daglig god oral-verbal trening
- cochlea-implantat før 3-4 år: funksjon som tunghørt, men utvikler verbal tale og oppfattelse forutsatt daglig god oral-verbal trening
- cochlea-implant etter 7 år: ingen hørselsfunksjon annet enn lyd / ikke-lyd, og evt. noe intonasjonsinformasjon som kan gi støtte til egen tale

Aktiv stimulering og bruk av sansekanalen er helt nødvendig for å etablere slike hjernebarknettverk, jf. at et barn som skjeler, risikerer å bli varig blind på det skjelende øye hvis tilstanden ikke korrigeres før 7 år, fordi det forstyrrende signalet fra dette øyet undertrykkes og ikke kobles opp til synsbarken.

Hjerneplastisitet

Moderne billed-diagnostikk (PET, fMRI) har vist at hos blindfødte voksne vil hørselsbarken utvides gjennom assosiasjonsbarken og overta synsbarkområdene. Ved ubehandlet medfødt døvhet overtas hørselsbarken tilsvarende av synet. Etter kritisk alder er overtagelsen varig, og hørselsbarken som skulle analysert signalet fra et for sent inn-operert cochleaimplantat, er ”opptatt” og frakoblet. Ved tidlig nok stor nok skade av hjernens sprogområder kan av og til funksjonen overføres fra venstre hjerne til tilsvarende (homologe) områder i høyre hjernehalvdel, men dette skjer sjeldnere enn mange liker å tro. Hvis elektrikerer har lagt ledningene, er det for sent, og man er henvist til å gjøre det beste ut av det i den skadede hjernehalvdel som var dedikert til oppgaven – med sviktende funksjon til følge.

Kontroll av avanserte funksjoner krever store hjernebarkområder. Områdene for munn og hånd/fingre er derfor store. Ved tidlig trening av avanserte

funksjoner båndlegges større hjerneområder varig – f. eks. har fiolinister større kontrollområde for venstre hånds 2., 3., 4. og 5. fingre enn høyre hånd. Billeddiagnostikk har vist at blindfødte som leser blindeskrift med venstre pekefinger, etablerer større barkområde for denne. Antagelig er det vesentlig stimulering i ung alder som gir fysisk endring av celle/fibernetverket, mens stimulering i voksen alder mer påvirker bruk av tilgrensende tilkoblede nettverk. Etter operasjon av sammenvokste fingre økte hjernebarkområdet for denne hånd. Armamputasjon førte til at armens barkområde ble overtatt av tilgrensende leppeområde. Men, drosjesjåfører i London har større bakre høyre hippocampus (involvert i rom-spatial hukommelse) antagelig på grunn av krav til å finne frem i storbyen. Det er altså også en viss organisk plastisitet i den voksne hjerne.

Aldring og tap av hjernefunksjon

Etter 18-20 års alder tapes hjernekapasiteten gradvis på grunn av tap av hjerneceller, nervefiberforbindelser og nervetransmitternivå – først og mest i de fremre koordineringsområder i hjernebarken som modnet sist. Ved 80-90 års alder er celle/fibre-antallet innpå halvert i fremre administrative hjernebarkområde. Man blir derfor gradvis mindre fleksibel i motorikk, tanke og personlighet med årene, og det blir vanskeligere å lære avansert funksjon på nye områder, f.eks. lære å spille et nytt instrument bra, eller sette seg inn i et annet fagområde. Samtidig øker erfaring og kunnskap slik at de fleste funksjoner, f.eks. kognitive tester, opprettholdes på voksen-nivå til omtrent 60-års alder.

Aldringstakt og hvor mye man har ”å gå på” varierer individuelt både på grunn av arv og tidligere trening/stimulering. Mestring pr. alder avhenger av de krav til funksjonsevne yrke og omgivelser krever i forhold til ens evne og kapasitet. Alzheimer og Parkinson er typer aldersdemens med funksjonsprofil mest preget av hhv. redusert hukommelse/forståelse, og redusert motorikk (Borchgrevink 1991). Som nevnt ovenfor vil samtidig musikk og rytmisk aktivitet kunne gi bedre motorisk flyt og tempo f.eks. etter hjerneslag, traumatisk hjerneskade, ved cerebral parese, hos Parkinsonpasienter, og økt hukommelse og verbal læring hos Alzheimer-pasienter og ved multippel sclerose (MS), antagelig fordi musikk/rytme gir økt synkronisering av nerve-impulsaktivitet i involverte områder av hjernen (Thaut, Peterson & McIntosh 2005).

Læring av ferdigheter og ytre påvirkning

Som nevnt ovenfor, ved repetisjon og gjentagelse av handlinger (pugg, trening) endres synapsene (overgangssonene) mellom hjernecellene noe, slik at impuls-overføringen lettes. Dermed går man opp ”veier” i nervefibernetverket som signalet siden følger, og lagrer ”kretser” som kan ”spilles av”. Man ”programmerer” en kjedereaksjon som kan hentes frem som en helhet som en lært delvis automatisert ferdighet. Dermed kan hjernen koordinere del-ferdigheter i stedet for fra ”scratch”, noe som frigjør koordineringskapasitet og gir økt tempo og presisjon. Å lære å spille et instrument, eller lære å lese flytende, er eksempler på slik programmert delvis automatisert ferdighet innlært ved repetisjoner. Dette

skjer lettest i ung alder (jf. ovenfor). De samme prinsipper gjelder for kunnskapslæring og erfaring, men involverer en rekke kompliserte systemer. Læring kan bare skje innenfor hjernens kapasitet. Økt trening gir ikke økt ferdighet ut over det "tak" for tempo og presisjon som settes av hjernekapasiteten. Manglende fremgang betyr enten at taket er nådd eller at metodikken er lite hensiktsmessig – i begge tilfelle bør tiltakene revurderes.

Oppfattelse og hukommelse for ytre påvirkning krever *sansning* (f.eks. syn, hørsel), *diskriminering* (evne til å skille mellom ulike mønstre, former), *identifisering* (gjenkjenning av mønstre, former ved å sammenligne med tidligere inntrykk lagret i hukommelsen) og *assosiasjon* (kobling) til noe tidligere kjent ut fra *mening* (forståelse, semantisk), *strukturellighet* (ytre likhet) og *situasjonslikhet*. Hukommelseslageret ordnes etter disse tre assosiasjonsmetoder, som også er nøklene til å hente inntrykkene frem igjen ved gjenfremkalling (uten at de vises) og ved gjenkjenning (mens de vises). Prinsipiell forståelse på begrepsnivå ut fra mening etableres best ved aktiv informasjon fra flere kanaler og situasjoner og kan da forklares og gjengis i alle kanaler. Dette krever et visst kognitivt nivå og en viss administrativ oversikt fra fremre hjerne. Strukturellighet og situasjonslikhet etableres best ved repetisjon (pugg) under konstante forhold, men pugget kunnskap som ikke er forstått, kan kun gjengis ved repetisjon i samme innlæringsmodalitet (struktur, situasjon) og får begrenset overføringsverdi og generalisering. Man kan likevel innlære en hensiktsmessig adferd i en viss situasjon som kan "avspilles" senere i samme situasjon. Man kan pugge løsningen på en matematisk oppgave uten dypere forståelse, og pugge gange-tabellen uten egentlig å kunne regne. Derved kan man oppnå bedre ferdigheter enn forståelsen skulle tilsi. Små barn, utviklingshemmede og autister har begrenset forståelse, profiterer mindre på forklaringer og er bedre i struktur- og situasjonslæring. Forsnakkelse er feilhenting basert på strukturellighet ("førstesitron" i stedet for førstesopran), og er eksempler på at hjernen leter langs struktur-assosiasjoner (ytre likheter) som ikke er meningsrelevante.

Minnespenn – arbeidsminne

Normale voksne kan oppfatte og holde oversikt over 6-7 *uavhengige informasjonsenheter* på en gang (= minnespenn, arbeidsminnekapasitet), og f.eks. kunne repetere 6-7 tilfeldige tall eller enkelttoner umiddelbart. Hvis man greier å etablere og huske et mønster av enkelt-elementene, f.eks. ved *gruppering av tall* i et telefonnummer, eller at 6 toner oppfattes som et *melodisk motiv*, blir det enklere. Ved repetisjon vil det melodiske motivet kunne oppfattes som en helhet og derved bare oppta én minnespennsenhet. Derved frigjøres kapasitet til å oppfatte andre informasjonen samtidig. Dette gir økt oppfattelses-tempo og økt oversikt. Man leser forttere hvis man gjenkjenner ordbilder, og leser noter raskere hvis man gjenkjenner en notesevens som et melodisk motiv, eller ser mønsteret av samtidige enkeltnoter som en akkord, som en helhet, slik at man slipper å gå ned på enkeltbokstav- eller notenivå.

Melodiske motiver består oftest av opptil 6-7 toner (= innenfor minnespenn). Dette gjør det mulig å oppfatte motivet i farten og lagre og gjenkjenne

det når det opptrer flere ganger i stykket, f.eks. som hovedtema i sonatesats, eller som iørefallende motiv i en slagermelodi. Barn har minnespenn omtrent tilsvarende alder i år opp til 6-7 år, +/- 1 enhet fra 5 år. En 2-åring har minnespenn = 2 og kan derfor oppfatte og improvisere 2-ords ytringer ("pappa bil"). Hvis påvirkningen overstiger minnespennet, mister man oversikten og alt faller ut. Tale og informasjon må presenteres innenfor personens minnespenn for å oppfattes. Minnespenn er en sårbar funksjon og er lavt hos de fleste med sprog/kommunikasjonsvansker. Minnespenn er en kapasitet som ikke kan trenes, men man kan trene gruppering og mønsteretablering. Visuell ikonisk stimulering (figurer, tegn, ordbilder, dvs. samtidig mønster) stiller mindre krav til minnespenn enn tale/lesing (sekvensielt mønster) og er viktig for kompensatorisk stimulering ved lavt minnespenn.

Hjerneskade og hjernefunksjonssvikt

Hjerneskade og hjernefunksjonssvikt kan ramme både excitatoriske og inhibitoriske sentre, ødelegge den dynamiske balansen mellom disse og redusere funksjonsevne og adferdskontroll.

Ved skade/svikt i hemmende eller kontrollerende områder reduseres da evnen til å kontrollere og stoppe impulsen, dvs. bortfall av hemning – *disinhibisjon*. Dette kan gi redusert impulskontroll (dvs. redusert evne til å la være å reagere på ytre påvirkning), nedsatt konsentrasjonsevne på grunn av økt distraherbarhet, og hyperaktivitet (som ved ADHD). "Tics" er ukontrollerte muskeltrekkninger eller handlinger (som ved Tourettes syndrom) – sees som ukontrollert adferd på grunn av uønsket utslipp av "programpakker" på grunn av disinhibition. Ved cerebral parese (CP) er som regel evnen til kontroll ved hemning redusert (*disinhibisjon*) i de motoriske områder i hjernen slik at det går for mye strammingsimpulser til både bøye- og strekkemuskler. Refleksene blir livlige, musklene blir stramme, bevegelsene upresise og det kan oppstå feilstillinger (f. eks. spissfot) fordi de sterkeste musklene "vinner". Krav til motorikk må avpasses til funksjonsevnen.

Ved skade/svikt i excitatoriske start-områder vil man få redusert evne til å starte ønsket funksjon, som f. eks. ved Parkinson's sykdom. Tilsvarende gjelder ved former for stamming, som er et talemotorisk start- eller flyt-problem som skyldes at man ved forsøk på tale ikke evner å "skaffe nok nerveimpulser" til å komme over terskelverdien (minimumskravet) for talestart-/flyt. Svikt i frontale (fremre) administrative hjerneområder kan gi dårlig koordinasjon, oversikt og gjennomslagskraft, som f. eks. ved autisme, og føre til mentale startproblemer, økt latenstid før respons, nedsatt tempo (slowing) og opphengthet (perseverasjon). Opphengthet gir spesifikke problemer med å skifte aktivitet eller fokus for oppmerksomhet og fører derfor ofte til stereotyp repeterende adferd, som ofte sees ved mer alvorlig utviklingshemning.

Grad av observerbar funksjonssvikt tilsvarer grovt sett grad av organisk celletap/-skade i aktuelle hjerneområder. Lett skade/svikt er først og mest merkbar for avanserte funksjoner som krever at alle cellene fungerer bra. *Hvilke funksjoner som rammes indikerer hvor i hjernen skaden er lokalisert*, siden ulike

deler av hjernen styrer ulike funksjoner. Umiddelbart etter en hjerneskade blir hjernen hoven (ødem). Siden skallen er tett, øker da trykket i skallen. Observert funksjonssvikt i denne akutfasen tilsvarer evt. døde hjerneceller, samt celler som fungerer dårlig på grunn av dårlig blodtilførsel på grunn av det økte trykket. Med tiden avtar hovenheten og trykket, og funksjonen bedres spontant fordi funksjonen i de trykkhemmede celler gradvis normaliseres. Dette, kombinert med en slags "hang-over"-effekt, gjør at man ofte kan observere spontan funksjonsbedring i inntil 1-1½ år etter skaden, raskest den første tiden. Til sist sitter personen igjen med en evt. varig svikt tilsvarende de evt. døde hjerneceller.

Hjerneskade hos barn

Hjerneskade hos barn vises ved *forsinket psykomotorisk utvikling* – barnet mestrer ikke funksjoner til normal tid/alder. Når barnet har færre hjerneceller og/eller forrykket balanse mellom excitoriske og inhibitoriske systemer, tar det lengre tid å modnes til den nettverkstetthet og +/- balanse som kreves for å mestre (programmere, koordinere) ferdigheten. Barnets funksjonsprofil kommer til uttrykk som ulik funksjonsalder på ulike funksjonsområder. Forsinket psykomotorisk utvikling senere enn 90-percentilen for to eller flere viktige funksjoner kan brukes som grunnlag for screening av barn med behov for tiltak (Borchgrevink 1989).

Lokalisering av hjernefunksjoner

Som nevnt ovenfor kontrollerer *fremre (frontale) deler* av hjernen oppmerksomhet, planlegging, adferdskontroll, uttrykk, motorikk – samt forestår administrativ koordinering av hele hjernen. *Bakre deler* inklusive tinninglappen står for sansning og persepsjon (oppfattelse) – administrert fra fremre hjerne.

I tillegg er hjernen delt i to nokså symmetriske halvdel, venstre og høyre hjernehalvdel, som hver kontrollerer motsatte kroppshalvdel. Enkelte avanserte funksjoner kontrolleres best av, eller er lokalisert til, én av hjernehalvdelene. Ca. 85-90 % er høyrehendte og kontrollerer verbalsprog og beste hånd i venstre hjernehalvdel. Ca. 7-10 % er venstrehendte, av disse har 1/3 (dvs. 2-3 % av befolkningen) sprog og beste hånd kontrollert av høyre hjernehalvdel, mens de resterende 2/3 venstrehendte samt de 0-5 % tvehendte kontrollerer sprog i venstre hjernehalvdel (Springer & Deutsch 1981). Tonetreff (pitch) og akkorder kontrolleres i høyre hjerne, mens rytme kontrolleres i venstre hjerne (Borchgrevink 1982). Begge hjernehalvdeler aktiveres derfor når man synger en melodi. Dette er årsaken til at samtidig sang, som nevnt ovenfor, letter talestart og -flyt hos stammere (de fleste stammere synger flytende), og hos visse pasienter med ekspressiv afasi (sprogforstyrrelse etter hjerneskade) (Belin et. al. 1996), fordi den samlede aktivering av de to hjernehalvdeler da bringer signalet over terskelen (minimumsverdi) for start av funksjonen og bidrar til å synkronisere aktuelle hjerneområder til koordinert aktivitet (se Thaut, Peterson & McIntosh 2005).

Hos høyrehendte vil *venstre hjernehalvdel* typisk kontrollere tale, taleoppfattelse, rytme, setningsmelodi (prosodi), samt lesing og skriving av bokstaver (fonetiske tegn). Siden bokstaven står for en lyd, ikke en mening, og mening knyttes til *ordet*, en sekvens av lyder/tegn, stiller taleoppfattelse og lesing store krav til sekvensoppfattelse (trekke sammen bokstavene til en helhet, ordet) og sekvensiell prosessering. Viktige delfunksjoner for å få til dette er *minnespenn* (antall enheter man kan oppfatte og holde orden på av gangen), og *konsentrasjon over tid* (mens sekvensen oppfattes og analyseres). Dessuten stilles store krav ved avkoding av ordets mening, fordi ordet (lydbildet) ikke gir noen hint til meningen – det er et abstrakt, tilfeldig forhold mellom ordet og den mening/begrep det refererer til, jf. at ulike samfunn har ulike sprog. Fellesnevner for venstre hjernehalvdels viktige funksjoner er *mønsteranalyse over tid*, dvs. sekvensanalyse, f. eks. rytme, tale, skrift, der informasjonen fremkommer sekvensielt over tid og må samles opp etter hvert og analyseres som en helhet for at man skal forstå meningen.

Høyre hjernehalvdel hos høyrehendte kontrollerer tonehøyde (pitch), akkord, klang/timbre, ikke-sproglig lyd, ”tonegang i sang”. Dessuten er høyre hjernehalvdel spesialisert for vanskelige visuelle oppgaver vedrørende figur, form (f. eks. ansikter: prinsipielt like former med individuelle særtrekk) og romsans (spatial), samt ikoniske tegn (bilder, pictogrammer, skilt, ordbilder, kinesiske skriftegn) der tegnet står for en mening, ligner eller demonstrerer meningen. Oppfattelse og avkoding av ikoniske tegn stiller små krav til minnespenn (fordi meningen gis til ett enkelttegn), konsentrasjon over tid (ett enkelttegn kan oppfattes i et glimt) og avkoding av mening (fordi tegnet konkret demonstrerer meningen). Fellesnevner for høyre hjernehalvdels viktige funksjoner er *mønsteranalyse i et tidspunkt, samtidig, simultant*, f. eks. figur, akkord, rom der alle elementer av mønsteret er til stede på en gang (Borchgrevink 1993). Hvis man kobler ut tidsfaktoren og fotograferer en organist på 1/250 sekund, kan man se hvilken akkord han spiller (samtidig mønster), men ikke hvilken rytme han spiller – det krever filming over noen sekunder.

Konsekvenser for bruk av musikk i terapi og medisin

Ved hjerneskode og hjernefunksjonssvikt rammes de mest avanserte funksjoner, de som er avhengig av at ”alle” hjernecellene fungerer, først og mest. Taleoppfattelse/tale og lesing/skrift er utsatt og reduseres hyppig, da de stiller store krav til sekvensiell prosessering, minnespenn, konsentrasjonsevne og abstrakt avkoding. Ikonisk-visuelle tegn/demonstrasjoner stiller ikke de samme krav og blir sammen med musikalsk kommunikasjon de viktigste og best fungerende kompensatoriske kommunikasjonskanaler (se Borchgrevink 2003). I tillegg kan sang og rytmisk bevegelse lette start og flyt ved stamming, afasi og motorisk svikt, samt bidra til økt aktivering av oppmerksomhet med effekt på hukommelse og læring ved f.eks. Alzheimers sykdom og Multippel Sclerose (MS) (se Thaut, Peterson & McIntosh 2005). Musikk har også en viss effekt på oppmerksomhet, følelser, bevissthetsnivå, kognisjon, adferd og kommunikasjon

for flere pasientgrupper (se Aldrigde 1996; Borchgrevink 1999; Hillecke et. al. 2005) og kan virke som strukturerende ramme for samhandling og trening.

Effekt av musikkterapitiltak bør dokumenteres bedre med best mulig vitenskapelige metoder. På grunn av stor spredning i funksjonsprofil og utviklingspotensiale i de ulike pasientgruppene er dette ikke enkelt å få til med vanlig kvantitativ empirisk metode. Experimental single case design (se f. eks. Aldrigde 1996 kap. 11) bør i større grad innføres i forskning og behandlingsrutiner for å dokumentere tiltakseffektene bedre. Ved mangelfull effekt bør tiltaket endres. Nevropsykologisk utredning inklusive personens sterke og svake funksjoner (*funksjonsprofilen*) bør danne grunnlag for mer optimalt valg av tiltak han kan dra nytte av. *Tiltaksprofilen* (type og nivå av tiltak) bør avspeile, dvs. tilpasses, funksjonsprofilen ved at tiltakene (budskapet) legges så vidt innenfor kapasiteten på hvert delområde. For å sikre best mulig kommunikasjon og kognitiv stimulering bør man søke å legge hovedvekten på å *utnytte de sterke funksjoner*, der personen oppfatter og løser de mest avanserte oppgaver og funksjoner. Musikk og rytmisk bevegelse bør i større grad bli en del av standard rehabiliteringstilbud på de områder som er godt vitenskapelig dokumentert – som ved typer afasi og motorisk forstyrrelse.

Litteratur

- Aldrigde, D. (1996) *Music therapy research and practice in medicine*. London: Jessica Kingsley Publishers.
- Belin, P., van Eeckhout, P., Zilbovicius, M., Remy, P., Francois, C., Guillaume, S. et. al. (1996). Recovery from non-fluent aphasia after melodic intonation therapy: a PET study. *Neurology* 47(6):1504-1511.
- Borchgrevink, H. M. (1975). Musikalske akkordpreferanser hos mennesket belyst ved dyreforsøk. *Tidsskrift for Norsk Lægeforening*, 95, 356-358.
- Borchgrevink, H. M. (1982). Prosody and musical rhythm are controlled by the speech hemisphere. I: Clynes, M. (red.) *Music, Mind and Brain. The Neuropsychology of music*. New York: Plenum Press.
- Borchgrevink, H. M. (1989). Cerebral processing underlying neuropsychological and neuromotor impairment in children with ADD/MBD. I: Sagvolden, T. & Archer, T. (red.) *Attention deficit disorder - clinical and basic research*. New York: Erlbaum.
- Borchgrevink, H. M. (1991). Neuropsychological changes of old age. I: Jensen, H.J. (red.) *Presbycusis and other age related aspects*. XIV Danavox Symp, Copenhagen: Stougaard Jensen.
- Borchgrevink H. M. (1993). Musikk, hjerne og medisin. *Tidsskrift for Norsk Lægeforening*, 113, 3743-3747
- Borchgrevink, H. M. (1999). Musikk som terapi. *Medicinsk årbog*. Copenhagen: Munksgaard.
- Borchgrevink, H.M. (2003). How does the brain work? I: Schmidt, E., Mikkelsen, U., Post, I., Simonsen, J.B., & Fruensgaard, K. (red.). *Brain, Hearing and Learning*, 20. Danavox Symposium, Kolding Denmark.

- Hillecke, T., Nickel, A. & Bolay, H. V. (2005). Scientific perspectives on music therapy. I: Avanzini, G., Lopez, L., Koelsch, S., & Majno, M. (red.) *The neurosciences and music II. From perception to performance*. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1060, 271-282.
- Kristensen, H. & Torgersen, S. (2007). Is social anxiety disorder in childhood associated with developmental deficit/delay? *Eur. Child. Adolesc. Psychiatry*. E-pub PMID: 17849080
- Maes, H.H., Silberg, J.L., Neale MC & Eaves, L.J. (2007). Genetic and cultural transmission of antisocial behavior: an extended twin parent model. *Twin Res Hum Genet*. Feb;10(1), 136-150.
- Springer, S.P., & Deutsch, G. (1981) *Left brain, right brain*. San Francisco, Freeman.
- Thaut M.H. (2005). The future of music in therapy and medicine. I: Avanzini, G., Lopez, L., Koelsch, S., & Majno, M. (red.) *The neurosciences and music II. From perception to performance*. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1060, 303-308.
- Thaut M.H, Peterson, D.A., & McIntosh, G.C. (2005). Temporal entrainment of cognitive functions. I: Avanzini, G., Lopez, L., Koelsch, S., & Majno, M. (red.) *The neurosciences and music II. From perception to performance*. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1060, 243-254.
- Trehub, S.E. (2003). Towards a developmental psychology of music. I: Avanzini, G., Faienza, C., Minciocchi, D., G., Lopez, & Majno, M. (red.) *The neurosciences and music I*. Ann. N.Y. Acad. Sci. 999, 402-413.
- Trehub, S.E. (2005). Developmental and applied aspects of music. I: Avanzini, G., Lopez, L., Koelsch, S., & Majno, M. (red.) *The neurosciences and music II. From perception to performance*. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1060:198-201.
- Zentner, M.R. & Kagan, J. (1996). Perception of music by infants. *Nature*, 383:29.