



Af Cecilie Møller, *cand.psych.,
ph.d., postdoc ved Center for
Music in the Brain*

PH.D.-STAFET

Hvad forsker danske psykologer i? Det skiftes de til at skrive om i denne ph.d.-stafet. Her skriver Cecilie Møller om sin ph.d. med titlen *Ceci n'est pas une pitch change. Linking perceptual amplification of audiovisual events in brain and behavior to auditory sensitivity and musical expertise*, der blev forsvaret 28. juni 2018 på Aarhus Universitet.

At høre med øjnene

Perception er grundlæggende multimodal og fundamental for motorisk såvel som mental aktivitet. Forestil dig situationen, hvor du kæmper dig frem i modvind på den våde cykelsti i morgentrafikken. Du hører den karakteristiske lyd af en lastbil, der nærmer sig bagfra. Lyden bliver kraftigere, og du når lige at registrere en stor vandpyt ved kantstenen 10 meter længere fremme, inden lastbilen kommer til syne i din venstre øjenkrog. Den passerer i høj fart og gør dig til offer for en syndflod, som trænger ned gennem kraven og gennembløder din ellers så lune sweater omtrent på samme tid, som din næse registrerer den kraftige lugt af dagrenovation, der minder dig om, at du har glemt at sætte skraldespanden ud her til morgen.

Langt de fleste objekter og begivenheder i verden aktiverer flere sanser samtidigt, og sanserne samarbejder på kryds og tværs om at give os en præcis opfattelse af verden omkring os. Selv perceptuelle oplevelser, vi opfatter som uni-sensoriske, fx at lytte til en samtalepartner, er ofte stærkt påvirkede af informationer fra andre sanseoplevelser, fx synet. Det er praktisk at have flere forskellige sanser, ikke mindst fordi vores sanser er i stand til at vikariere for hinanden i et evigt dynamisk miljø, hvor fx visuel information om mundbevægelser bliver essentiel, når baggrundsstøj vanskeliggør taleforståelse.

Det er indlysende, at beskrivelsen af perceptuelle processer indebærer en beskrivelse af samspillet mellem sanserne. Derfor kan det forekomme mærkværdigt, at langt den største del af perceptionsforskningen traditionelt har undersøgt en enkelt sans ad gangen. I hvert fald undrede det undertegnede, at universitetsgrundbøger i perceptionspsykologi havde skarpt opdelt kapitler til beskrivelser af hhv. høresansen og synet, og at man skulle lede længe efter de små passager, der beskrev samspillet mellem dem. Inden psykologistudiet havde jeg taget en uddannelse som almen musiklærer på Det Kongelige Danske Musikkonservatorium. Jeg havde brugt år på at perfektionere mine direktionsteknikker foran et spejl med det formål at mestre evnen til at formidle lyd visuelt. Denne evne er essentiel for kor- og orkesterdirigenter og også i undervisningssammenhænge er visuelle cues et nyttigt og helt naturligt redskab til at forstærke opmærksomheden på specifikke elementer af musikken. Ph.d.-projektet, jeg beskriver her, var således drevet af erfaringen med samspillet mellem hørelsen og synet, kombineret med en stærk tro på, at den akademiske forståelse af perceptuelle processer kunne nuanceres ved at skele til århundreders musikpædagogiske praksis.

I tæt samarbejde med mine vejledere Klaus Bærentsen (Psykologisk Institut, AU), Peter Vuust (Center for Music in the Brain) og Andreas Højlund (Center for Funktionelt Integrativ Neurovidenskab, AU) planlagde jeg et eksperimentelt grundforskningsprojekt, som undersøgte individuelle forskelle i, hvor meget visuel information forbedrer forsøgsdeltageres diskrimination af tonehøjde. Tre studier skildrer måden, hvorpå adfærd, neurofysiologi og neuroanatomi hænger sammen og er indbyrdes afhængige.

Synet bidrager til vores opfattelse af lyd

Overordnet set var projektet motiveret af det multisensoriske *principle of inverse effectiveness (PoIE) 2*, som beskriver, hvordan den gavnlige effekt af multisensorisk stimulation er større, når responserne til de unimodale dele af stimuli er små. Princippet blev beskrevet af Stein & Meredith i 1990'erne på baggrund af studier af multisensoriske enkeltneuroner i mellemlhjernens hos katte. Vi undersøgte, om det samme princip gør sig gældende på et bredere niveau, nemlig om der også er et omvendt forhold mellem den enkelte deltagers auditive sensitivitet og/eller musikalske kompetence og størrelsen af den gavnlige effekt af multisensorisk (her audiovisuel) stimulation. Altså, populært sagt, om folk, der hører dårligt, har større gavn af visuel information om toneforskelle, end folk, der hører godt.

I det første studium gennemførte vi et adfærdseksperiment, hvor vi kvantificerede den multisensoriske effekt. Forsøgsdeltagerne bar hovedtelefoner, og vi bad dem trykke på et tastatur, når de detekterede en toneforskel i en række af ens toner. Vi opstillede forskellige forsøgsbetingelser, og fordelene ved audiovisuel sammenligning med ren auditorisk processing viste sig i form af forbedret sensitivitet (antal "hits" korrigeret for antal "falske alarmer"), når toneforskellene optrådte samtidig med ændringer i den vertikale placering af en cirkel på skærmen foran dem, end når de optrådte uden ændringer i placeringen af cirklen. Størrelsen af denne forbedring blev sammenlignet med deltagernes individuelle diskriminationstærskler og deres musikalske kompetencer, begge dele målt i rent auditive betingelser. Vi kunne ikke blot replicere tidligere studiers resultater, der har vist, at synet bidrager til vores opfattelse af lyd, men også påvise, at deltagere med ringere diskriminationstærskler og deltagere med ringere præstation i den musikalske kompetencetest har signifikant større gavn af de visuelle cues, i overensstemmelse med *PoIE*. Derudover var deltagernes præstation signifikant bedre, når de audiovisuelle stimuli var tværmodalt kongruente, dvs. når cirklen

på skærmen bevægede sig op hhv. ned samtidig med, at tonehøjden steg hhv. faldt, end når de bevægede sig i modsat retning.

Det neurofysiologiske plan

Med et sådant adfærdsstudium kan man beskrive, hvad der har funktionel relevans for vores adfærd. Vil man besvare spørgsmålet om, hvilke mekanismer, der ligger til grund for denne adfærd, er man nødt til at anvende en metode, der kan registrere, hvad der sker i hjernen op til det ca. halve sekund, det i gennemsnit tager en deltager at detektere toneændringen, vurdere situationen og sende en motorimpuls afsted til musklen, der får fingeren til at trykke på tastaturet. Flere faktorer spiller ind på denne proces. Groft sagt er de tidligste perceptuelle processer præ-attentive og et udtryk for, om hjernen overhovedet er i stand til at registrere de små toneforskelle, mens de senere beslutningsprocesser også er påvirket af eksempelvis psykologiske faktorer som selvtilid, motivation og vågenhed m.m., og af semantiske faktorer, dvs. hvordan det, at vi taler om *høje* og *dybe* toner, er med til at forme vores opfattelse af toneforskelle.

I studie II anvendte vi derfor et lignende forsøgsdesign i kombination med magnetoencefalografi (MEG) netop til at få indblik i, hvad der sker på det neurofysiologiske plan under de forskellige betingelser. Med sensorer placeret over auditiv cortex målte vi deltagernes præ-attentive neurale responser på de små afvigelser i tonehøjden. Resultaterne viste, at den visuelle dimension af stimuli forstørrede amplituden på den såkaldte *mismatch negativity*, en komponent på MEG-signalet, der anses som et indeks for neural sensitivitet for ændringer i et lydbillede. På samme måde som i studie I fandt vi, at sensitiviteten øgedes i den audiovisuelle betingelse forholdsvis mere i deltagere, som udviste lavere sensitivitet i en rent auditiv betingelse. Dette var altså også i overensstemmelse med *PoIE*. Vi er p.t. i færd med at få disse resultater publiceret.

Funktionen understøttes af hjernens struktur

I studie III benyttede vi magnetisk resonansskanning og diffusion tensor imaging (DTI). Med DTI kan man måle styrken af forbindelserne (hjernens hvide substans) mellem hjerneområderne. Vi kiggede specifikt på den såkaldte inferior fronto-occipitale fasciculus, en nervefiberbane, der forbinder auditive og visuelle områder af hjernebarken. Resultaterne tyder på, at laterale neurale forbindelser mellem primær-sensoriske hjerneområder understøtter individuelle forskelle i størrelsen af den gavnlige multisensoriske effekt på diskrimination af tonehøjde. I dette studie lavede vi også separate analyser

af professionelle musikere hhv. ikke-musikere. Resultaterne skal tages med forbehold, idet vi havde inkluderet forholdsvis flere ikke-musikere, men de peger i retning af, at ikke-musikere har stærkere direkte forbindelser mellem auditive og visuelle områder af hjernen end professionelle musikere, som er specialiserede i det auditive domæne, og som derfor ikke har samme behov for visuel støtte. Auditiv specialisering hos musikere er påvist i nylige studier af hjernens funktionelle egenskaber. Vi kan her for første gang præsentere resultater, der peger på, at funktionen afhænger af hjernens struktur, som underbygger en sådan specialisering hos musikere og mangel på samme hos ikke-musikere. Disse resultater forventer vi at få publiceret i begyndelsen af næste år.

Siden man i 1990'erne for alvor begyndte at interessere sig for multi-snarere end unisensorisk processeering, er der opbygget en hastigt voksende mængde litteratur på feltet. Langt hovedparten af konklusionerne, der drages fra disse studier, baserer sig på resultater af gruppe-gennemsnit, altså hvad der er fælles for os, men siger mindre om individuelle forskelle. I denne sammenhæng er nok den vigtigste pointe, der kan uddrages af ph.d.-projektet her, at der er forskel på, hvor meget synet påvirker hørelsen hos forskellige mennesker, og at denne forskel faktisk kan beskrives. Det gælder for den eksperimentelle perceptionsforskning såvel som for andre dele af psykologien, at hvis man behandler folk ens, behandler man dem forskelligt. Projektet er i sin natur et grundforskningsprojekt med primær betydning for den teoretiske forståelse af multisensorisk processeering, men baner samtidig vejen for fx udvikling af nye kompenserende interventionsformer målrettet mennesker med aldersrelateret høretab, som i tilknytning til behandling med høreapparat kan lære at forstærke resthørelsen ved at drage nytte af den multimodale information, der er til stede i rigt mål i vores omverden.

Referencer

- 1 Møller C, Højlund A, Bærentsen KB, Hansen NC, Skewes JC, Vuust P. 2018. Visually induced gains in pitch discrimination: Linking audio-visual processing with auditory abilities. *Attention, Perception, & Psychophysics* 80(4):999-1010.
- 2 Stein BE and Meredith MA. 1993. *The merging of the senses*. Cambridge, Mass: MIT Press.