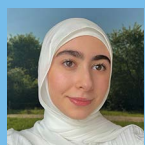


Om forfatterne



Antonina Kuziemska
stud-kuziemska@ruc.dk



Chaymaa El Eter
stud-chaymaa@ruc.dk



Nikol Mlynarcikova
stud-nikol@ruc.dk



Sagal Ali
stud-iimaan@ruc.dk

Alle fire er studerende på uddannelsen International Bachelor in Natural Sciences ved Roskilde Universitet

Vejleder:



Pia Nyeng er lektor, ph.d. Hun forsker i dannelsen af organer under fosterudviklingen, og underviser i celle- og molekylærbiologi.
pnyeng@ruc.dk

Alle ved Institut for Naturvidenskab og Miljø, Roskilde Universitet.



KUNSTEN AT STYRE HJERNENS BØLGER

Forskellige tilstande og tankeprocesser i hjernen afspejles i mønstret af hjernebølger, som man kan måle ved hjælp af elektroder sat på hovedbunden. Neurofeedback-terapi er en teknik, der går ud på at lære at kontrollere hjernebølge-aktiviteten – for eksempel for at dæmpe angstsymptomer.

Mange historier fra fiktionens verden har gennem tiden udforsket idéen om at påvirke hjernen gennem teknologi. I dag gør såkaldt neurofeedback den vision til virkelighed. Neurofeedback, eller elektroencefalografisk biofeedback (EEG-biofeedback), er en computer-baseret terapeutisk teknik, der er designet til at hjælpe folk med at regulere deres hjerneaktivitet med det formål at reducere generende symptomer. Teknikken indebærer at placere elektroder på hovedbunden for at måle hjerneaktiviteten, som

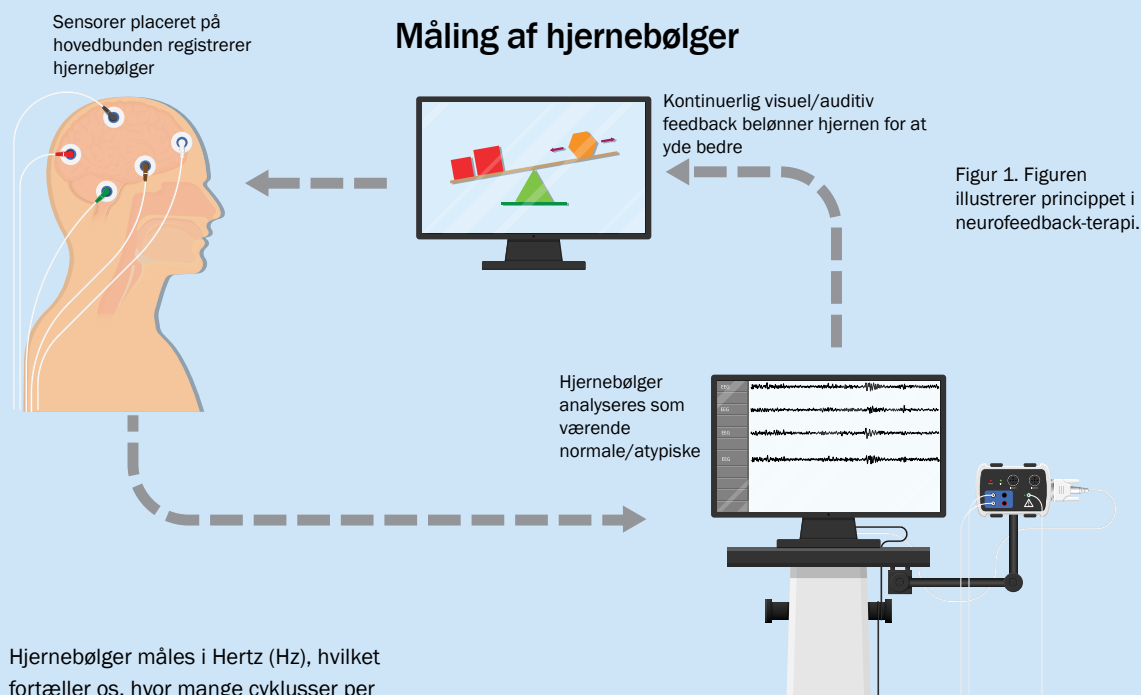
derefter analyseres af en computer. Klienten modtager feedback i realtid, såsom en video eller en lyd, der ændrer sig baseret på deres hjerneaktivitet. Når hjernen producerer de ønskede mønstre, opmuntrer feedbacken dem til at fortsætte. Over tid hjælper dette klienten med at lære at kontrollere sin hjerneaktivitet, hvilket fører til bedre fokus og større mental kontrol.

I denne artikel vil vi fortælle om de opdagelser, der ligger til grund for teknikken, og om vores projekt på bacheloruddannelsen i Naturvi-

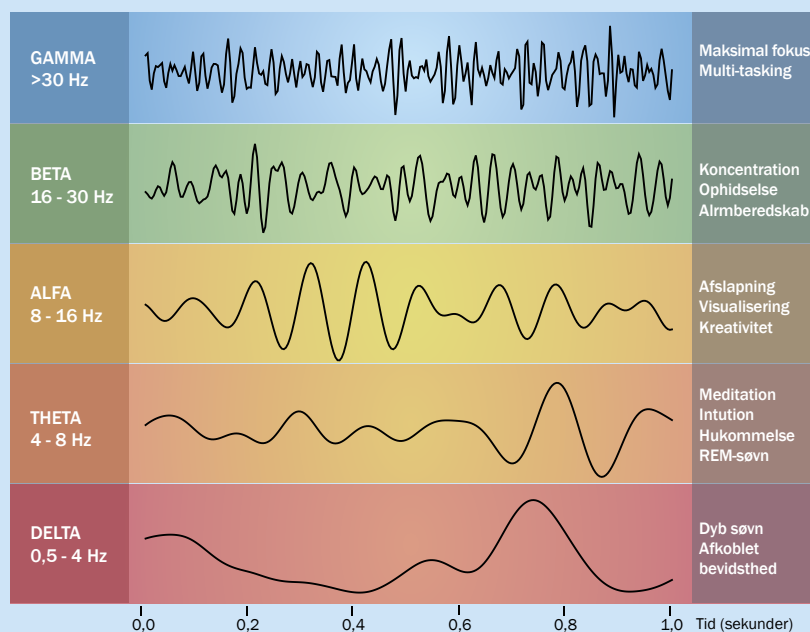
denskab ved Roskilde Universitet, hvor vi undersøgte evidensen for at neurofeedback-terapi kan være en god mulighed for behandling af generaliseret angstlidelse.

Måling af hjernens aktivitet

I 1929 udførte den tyske psykiater Hans Berger eksperimenter, der viste, at den menneskelige hjerne har elektrisk aktivitet. Han placerede elektroder på hovedbunden, forstærkede signalerne og registrerede spændingsændringer fra hjerneaktiviteten. På den måde skabte han det første elektroence-



Hjernebølger måles i Hertz (Hz), hvilket fortæller os, hvor mange cyklusser per sekund en bølge har (x-aksen viser tid), mens amplituden, vist på y-aksen (enhed mikrovolt), viser bølgens styrke eller intensitet. Forskellige hjernebølger er forbundet med forskellige mentale tilstande. Forskere og klinikere kan anvende forskellige definitioner af frekvensområderne afhængigt af deres metode eller formål. For eksempel bruges betegnelsen "høj beta" nogle gange om frekvenser helt op til 40 Hz, hvilket er relevant netop i forbindelse med tilstande som stress og angst. Men herved overlapper området med lav gamma (~30–40 Hz). Nogle modeller klassificerer endda "lav gamma" som en del af betaområdet, især inden for neurofeedback, hvor man lægger mere vægt på praktiske forskelle end på strenge definitioner.



falogram (EEG). Berger opdagede også, at mønstrene i EEG-signaler er forbundet med menneskets tankeprocesser.

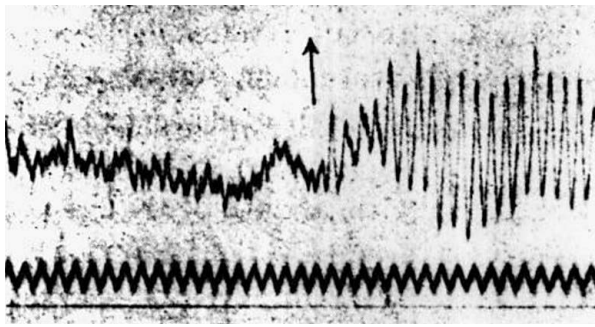
I dag er EEG et af de vigtigste ikke-invasive værktøjer til at danne billeder af hjerneaktivitet indenfor neurovidenskab og medicin. Man optager normalt hjerneaktivitet i 20-40 minutter ved hjælp af flere elektroder på hovedbunden. EEG-signalet måles ved at sammenligne en "aktiv" elektrode (placeret over et hjerneområde af interesse) med en referenceelektrode på et neutralt

punkt, for eksempel mastoidknoglen (den hårde knold på kraniet bag øret). En mere avanceret variant af teknikken er såkaldt kvantitativ EEG, også kaldet Brain Mapping. Her bruger man specialiseret software til at analysere, hvordan hjernen fungerer under forskellige opgaver. Det hjælper med at identificere, hvilke hjerneområder der er aktive og fungerer godt.

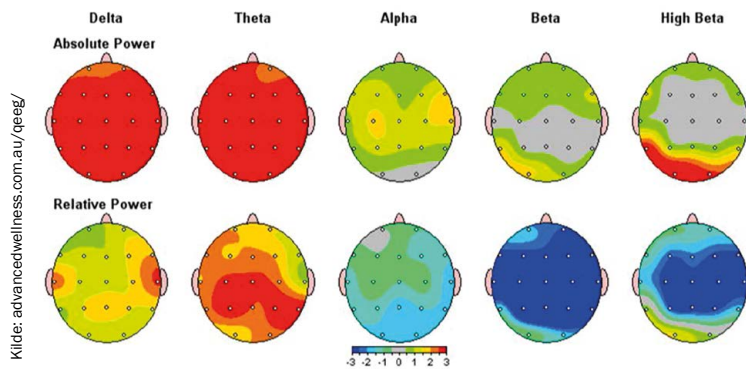
Sådanne hjernekort viser med forskellige farver, hvor der er højere og lavere aktivitet end normalt. Og det, der konkret måles, er såkaldte

hjernebølger. Hjernebølger er elektriske impulser, der inddeles i typer afhængig af hvor hurtigt de svinger, dvs. deres frekvens, som angives i Hertz (Hz); Delta-bølger (0,5-4 Hz), Theta-bølger (4-8 Hz), Alfa-bølger (8-13 Hz), Beta-bølger (13-30 Hz) samt Gamma-bølger (over 30 Hz).

De forskellige typer af hjernebølger afspejler forskellige tilstande i hjernen, hvor for eksempel Theta-bølger opstår under dyb søvn, mens Beta-bølger er aktive, når man fokuserer, tænker og – vigtigt i denne sammenhæng – har angst.



Figur 3. Billedet viser en tidlig EEG-optagelse lavet af Hans Berger, hvor han måler på sin 14. årige datter. Før pilen løser hun en regneopgave (196 divideret med 7), og her er hjernebølgerne små og hurtige. Man ser en tydelig ændring i hjernebølgerne, hvor hun er færdig med regnestykket, og hjernen går ind i en mere afslappet tilstand, hvor hjernebølgerne bliver større og langsommere. Efter Niedermeyer, E. (1997).



Figur 4: Figuren viser oversigtskort over hjernebølgefrequenser (Delta, Theta, Alfa, Beta og Høj Beta) med både absolutte og relative effektmålinger. Den øverste række viser absolut effekt, som angiver det rå aktivitetsniveau for hvert frekvensområde, mens den nederste række viser relativ effekt, som sammenligner styrken af den enkelte frekvens med den samlede hjerneaktivitet. De farvekodede kort viser afvigelser fra gennemsnittet, hvor rød angiver over-gennemsnitlig aktivitet og blå viser under-gennemsnitlig aktivitet.

Hjernebølger måles desuden også i forhold til, hvor kraftige de er – dvs. deres amplitude målt i mikrovolt.

Fra Pavlovs hunde til neurofeedback-træning

I en normalt fungerende hjerne er der en balance mellem bølgefrequenserne, som det er vigtigt at opretholde. Når én type hjernebølge dominerer for meget, kan det reducere hjernens fleksibilitet. Neurofeedback-terapi går således i praksis ud på at hjælpe patienten med at lære at kontrollere sine hjernebølger. Og måden, det foregår på, har udgangspunkt i to andre grundlæggende opdagelser kaldet klassisk og operant betingning. Klassisk betingning er en læringsproces opdaget af den russiske videnskabsmand og psykolog Ivan Pavlov i 1890'erne. I sine berømte forsøg med hunde lærte han dem at forbinde en neutral stimulus – i det konkrete tilfælde lyden fra en klokke – med noget meningsfuldt, nemlig mad. Ved at ringe med klokken, før hundene blev fodret, endte det med,

at hundene begyndte at savle blot ved lyden af en klokke, mens de før træningen kun savlede, når maden faktisk var til stede. Dette eksperiment viste, hvordan adfærd kan læres gennem associationer.

Princippet om klassisk betingning er blevet anvendt indenfor forskellige områder, herunder neurofeedback-træning, hvor folk lærer at kontrollere deres hjernebølger på nye måder, ligesom Pavlovs hunde lærte at forbinde klokken med mad.

En anden vigtig læringsteori er operant betingning, introduceret af den amerikanske adfærdspsykolog Burrhus Frederic Skinner. Inspireret af Pavlovs arbejde udførte Skinner eksperimenter med rotter og duer, hvor han brugte belønning og straf til at studere adfærd. Han identificerede forstærkning som en nøglefaktor i læring og delte den op i to typer: positiv forstærkning, hvor belønning gives efter en handling for at øge sandsynligheden for, at handlingen gentages, og negativ

forstærkning, hvor en straf i form af en ubehagelig stimulus fjernes for at opnå samme effekt.

Skinners forskning viste, at både dyr og mennesker har en tendens til at gentage handlinger, der fører til positive resultater, og undgå dem, der medfører negative konsekvenser. For eksempel, hvis en rotte får mad efter at have trykket på et håndtag, vil den sandsynligvis trykke på håndtaget igen. Her er det at trykke på håndtaget den operante adfærd, mens maden fungerer som forstærkning.

På baggrund af disse principper undersøgte professor ved University of Chicago Joseph Kamiya i 1963, om mennesker bevidst kunne genkende og kontrollere deres egen hjernebølgeaktivitet. Han trænede deltagere i at registrere udbrud af afslappede alfa-hjernebølger ved at give dem verbal forstærkning, når de med succes kom ind i en alfa-tilstand. Dette eksperiment viste, at mennesker kan lære at regulere deres hjernebølgemønstre ved hjælp af positiv feedback, og det lagde grunden til neurofeedback-træning.

Neurofeedback mod mentale lidelser

Kamiyas arbejde banede vejen for træning i alfa-bølgeforstærkning, og kort efter begyndte forskere at anvende lignende teknikker på theta-bølger. Dette gjorde det muligt for deltagerne at opnå endnu dybere afslapningstilstande, hvilket fremmede følelsesmæssig indsigt og psykologisk udvikling. Herefter blev neurofeedback gradvist mere populært som en behandlingsmetode indenfor mental sundhed, hvor teknikken er blevet anvendt til en række lidelser.

Der mangler dog stadig grundige studier af neurofeedback-terapi med mange deltagere, men den foreliggende forskning tyder på, at neurofeedback-terapi kan hjælpe med at regulere hjerneaktiviteten forbundet med overdreven bekymring eller stress ved angstlidelser. Når det gælder depression, kan terapien muligvis bidrage til at balancere hjernebølger, der er knyttet til lavt humør og følelsesmæssig regulering. For personer med Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) indikerer visse studier, at neurofeedback-terapi kan forbedre koncentration og opmærksomhed ved at støtte hjernens opmærksomhedsnetværk. Terapien er også blevet undersøgt som en potentiel behandling af afhængighed, hvor den kan have en positiv effekt på at reducere trang og forbedre selvregulering.

For at sundhedsprofessionelle kan anvende neurofeedback-terapi, kræves der særlig træning, typisk gennem kurser i neurofeedback og neurovidenskab. Terapien kræver hyppige sessioner – ofte tre gange om ugen – fordi den arbejder med at ændre hjernens bølgemønstre. Hvis sessionerne ikke er regelmæssige, kan hjernen vende tilbage til sine gamle mønstre. Behandlingen indebærer typisk 15-20 sessioner, hvorefter en evaluering afgør, om flere sessioner er nødvendige, eller om målene er opnået. Patientens hjernedata sammenlignes med en stor EEG-database fra raske personer i samme aldersgruppe for at vurdere, hvordan deres hjerneaktivitet bør se ud. Denne database kaldes den normative database.

Sammenligning af terapier

I vores projekt på bachelordannelsen i Naturvidenskab ved Roskilde Universitet har vi som nævnt undersøgt evidensen for, at neurofeedback-terapi er velegnet til behandling af generaliseret angstlidelse. Generaliseret angstlidelse er en psykisk lidelse, der er kendetegnet ved overdreven og vedvarende bekymring samt angst over forskellige aspekter af hverdagen, ofte

Kognitiv adfærdsterapi

Kognitiv adfærdsterapi er en struktureret, forsknings-underbygget psykoterapi, der hjælper individer med at identificere og ændre negative tankemønstre og adfærd. Den anvendes ofte til behandling af angst, depression og andre psykiske lidelser, hvor patienten lærer strategier til håndtering, problemløsning og mere hensigtsmæssige måder at tænke på. Kognitiv adfærdsterapi fokuserer på sammenhængen mellem tanker, følelser, krop og adfærd (den såkaldte "kognitive diamant") og opmuntrer individer til at udfordre uhensigtsmæssige overbevisninger og udvikle et mere afbalanceret perspektiv. Terapien er som regel kortvarig og målrettet, hvilket gør den til en effektiv metode til behandling af mange psykiske lidelser.

uden en specifik årsag. Personer med generaliseret angstlidelse kan opleve rastløshed, træthed, koncentrationsbesvær og atypiske hjernebølgemønstre (øget beta-aktivitet og reduceret alfa-aktivitet). Den kroniske angst kan forstyrre dagligdagen og påvirke relationer, hvilket kan gøre selv rutineopgaver overvældende.

Den traditionelle terapi-behandling mod generaliseret angstlidelse er såkaldt kognitiv adfærdsterapi, og vi satte os for at undersøge, om neurofeedback-terapi er lige så effektiv eller måske endda mere effektiv end denne traditionelle behandling. Vores undersøgelse var en såkaldt meta-analyse, hvor vi samlede data fra 75 videnskabelige artikler, der vurderer effektiviteten af henholdsvis neurofeedback-terapi og kognitiv adfærdsterapi i forhold til at reducere angstsymptomer hos patienter med generaliseret angstlidelse.

Nogle af disse studier fokuserede på at reducere Beta- og Høj-Beta-bølger (hvor sidstnævnte er bølger med en frekvens mellem 20-30 Hz), som er forbundet med stress og overtænkning, mens andre havde til formål at øge forekomsten af Alfa-bølger i den lave ende af spektret, der er kendt for at fremme afslapning og ro. I nogle studier blev neurofeedback-terapien endda tilpasset individuelt til den enkelte patients hjerneaktivitet.

Vores analyse viste, at både neurofeedback-terapi og kognitiv

adfærdsterapi opnår gode resultater i forhold til at reducere angst, og at der er ikke signifikant forskel på de to metoders effektivitet. Med andre ord er ingen af de to metoder tilsyneladende bedre end den anden.

Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at der er betydelig usikkerhed knyttet til resultaterne af denne type studier, da en række faktorer, såsom deltagernes karakteristika, behandlingens varighed og måden, hvorpå fremskridt måles, kan påvirke effektiviteten.

Kognitiv adfærdsterapi betragtes i dag stadig som den foretrukne behandling, men neurofeedback-terapi viser altså også lovende resultater. Især i studier, hvor der var mange deltagere, behandlingsvarigheden var tilstrækkelig lang, og feedbacken under terapien var præcis og målrettet den specifikke klient.

Adgangen til neurofeedback-terapi via det offentlige sundhedssystem i Danmark er i øjeblikket begrænset. Men i fremtiden kan valget mellem de to terapiformer måske komme an på personlig præference. Foretrækker du at arbejde med dine tanker og adfærd i samspil med et andet menneske? Så kan kognitiv adfærdsterapi være den rette vej. Kan du bedre lide en teknologibaseret hjerneudfordring? Så kan neurofeedback-terapi være værd at udforske. Og hvem ved? Måske kan fremtidig forskning lægge grunden til endnu flere og endnu mere effektive metoder til at hjælpe mennesker med angst til at få det bedre. ■

Videre læsning

Niedermeyer, E. 1997: International Journal of Psychophysiology, Vol. 26, Iss. 1-3, PP 31-49

Stjernholm, O: Neurofeedback til behandling af ADHD. Ugeskrift for læger 16. aug. 2010. [ugeskriftet.dk/videnskab/neurofeedback-til-behandling-af-adhd](https://www.ugeskriftet.dk/videnskab/neurofeedback-til-behandling-af-adhd)

Salama, A. M., Abdel-Latif, S., Omar, T., & Abou El Wafa, H. (2022). Neurofeedback training and cognitive behavior therapy for treatment of generalized anxiety disorder in children and adolescents: A comparative study. *NeuroRegulation*, 9(1), 29-29.

Hou, Y., Zhang, S., Li, N., Huang, Z., Wang, L., & Wang, Y. (2021). Neurofeedback training improves anxiety trait and depressive symptom in GAD. *Brain and Behavior*, 11(3), e02024.

Micoulaud-Franchi, J. A., Jeunet, C., Pelissolo, A., & Ros, T. (2021). EEG neurofeedback for anxiety disorders and post-traumatic stress disorders: A blueprint for a promising brain-based therapy. *Current psychiatry reports*, 23, 1-1