



UNIVERSITY OF TWENTE.

*Faculty of Behavioral, Management & Social
Sciences*

Wearables in Practice: the use of biofeedback in mental health care

- A literature review -

Brian Stempher
M.Sc. Thesis
Oktober 2018



Supervisors:

1st Dr. Matthijs Noordzij

2nd Dr. Anneke Sools

Department of Positive Psychology en Technology
Faculty of Behavioral, Management & Social Sciences

University of Twente

P.O. Box 217

Abstract

Increasingly more evidence is being gathered proving that psychiatric and medical conditions are characterised by a disbalance within the autonomic nervous system. Biofeedback training has been specially designed to reduce this disbalance. Recent technological development has brought about new possibilities to develop small, wearable devices, which are capable of recording psychophysiological parameters of the autonomic nervous system. This creates opportunities for a wider, ambulatory use of biofeedback.

This research is aimed to find out if wearable biofeedback interventions are currently being used in mental health care, and additionally what kind of biofeedback interventions. To answer this question, the databases of Psychinfo and Scopus were searched for relevant articles. In this research the keywords 'biofeedback', 'wearables' and 'mental health care' have been used. This resulted initially in an amount of 83 articles. After applying the exclusion criterion, 8 articles remained. Articles have been excluded when they solely spoke about physical disorders and neurofeedback and in case the applied research keywords were not to be found in the article.

The remaining eight articles have been read with the objective of answering the sub-questions. For this reason, attention has been paid to the technology that was used, the different modalities, the mental disorder that was treated, the reported effectivity and finally the assessed interventions have been compared to the different levels within the technology readiness level index. The reciprocation of the first sub-questions analyses both the methods as the results section. To assess the technology readiness level, answers to the various sub-questions have been combined into a final assessment and additionally it is important taking into account the setting in which the intervention was tested, experimentally or in daily life. In this situation the technology readiness level (TRL) is a measure (a score on a scale from 1 to 9) to indicate the state of development of a particular biofeedback application. And besides, it marks how great the current usability and implementation power of the system is.

The results show that most of the interventions are a long way from being implemented into the mental healthcare. The maximum score that has been measured for the technology readily level is 7. Also, frequently the technology is not yet wearable, but connected to a computer and therefore static. Furthermore, all interventions are focussed on the decrease of stress and wearable biofeedback are not being deployed for other mental disorders.

Finally, inventions are still mainly in the design phase and therefore the effectiveness is only shown subjectively by means of self-report. However, there are in fact some articles that objectively report a decrease in sympathetic excitement.

The potential of wearable biofeedback seems large and the current technological development allows such equipment to be made unobtrusive. Nevertheless, the implementation appears to be insufficient and much development and research is still acquired to attain from prototypes to working interventions, which can subsequently be used for vulnerable groups within MHC.

Samenvatting

Er is steeds meer bewijs dat psychiatrische en medische stoornissen gekarakteriseerd worden door een onbalans binnen het autonome zenuwstelsel. Biofeedback training is speciaal ontworpen onbalans in het autonome zenuwstelsel te verminderen. Met de huidige technologische ontwikkeling is de ontwikkeling van kleine draagbare apparaten in de vorm van bijvoorbeeld horloges of armbanden, die psychofysiologische parameters van het autonoom zenuwstelsel kunnen meten, mogelijk geworden. Dit biedt mogelijkheden voor een bredere, ambulante inzet van biofeedback.

In dit onderzoek is onderzocht of, en zo ja welke, draagbare biofeedback interventies in de huidige geestelijke gezondheidszorg worden toegepast. In het beantwoorden van deze vraag zijn artikelen over dit onderwerp gezocht binnen de databases Scopus en Psychinfo. Hiervoor zijn de volgende kernzoektermen gebruikt: 'biofeedback', 'wearables' en 'mental health care'. Dit resulteerde in een aantal van 83 bronnen. Na het toepassen van de exclusiecriteria bleven er 8 artikelen over die zijn meegenomen binnen dit onderzoek. Artikelen zijn geëxcludeerd wanneer deze enkel betrekking hadden op neurofeedback, enkel op fysieke stoornissen betrekking hadden en wanneer de gebruikte zoektermen niet in de artikelen terug te vinden waren.

De overgebleven 8 artikelen zijn gelezen met als doel de deelvragen te beantwoorden. Hierom is er gelet op de gebruikte technologie, de verschillende modaliteiten, welke stoornis behandeld is, de gerapporteerde effectiviteit en tot slot zijn de interventies die besproken zijn vergeleken met de niveaus binnen de technologie gereedheidsniveau index. In de beantwoording van de eerste deelvragen zijn zowel de methoden als de resultatensectie geanalyseerd.

Ter beoordeling van het technologie gereedheidsniveau zijn antwoorden op de verschillende deelvragen samengevoegd tot een eindoordeel en daarnaast is hierin belangrijk in welke setting de interventie is getest, experimenteel of in het dagelijks leven. Het technologie gereedheidsniveau (TGN) is hierbij een maat (een score van 1 tot 9) om aan te geven hoe ver een bepaald systeem of een bepaalde biofeedback applicatie is ontwikkeld. En daarnaast hoe groot de huidige bruikbaarheid en implementatiekracht van het systeem is.

Uit de resultaten blijkt dat de meeste interventies nog ver weg staan van implementatie binnen de geestelijke gezondheidszorg. Het hoogst gescoorde technologie gereedheidsniveau is 7. Ook is de techniek vaak niet draagbaar, verbonden aan een computer en dus statisch. Daarnaast richten alle interventies zich op het verminderen van stress en wordt draagbare biofeedback momenteel niet ingezet voor andere psychische stoornissen. Tenslotte bevinden de interventies zich veelal in de designfase en wordt de effectiviteit hierdoor slechts subjectief aangetoond door middel van zelfrapportage. Echter zijn er ook enkele artikelen die een afname in sympathische opwinding rapporteren.

De mogelijkheden van draagbare biofeedback lijken groot en de huidige technologische ontwikkeling maakt mogelijk dat dergelijke apparatuur onopvallend kan worden gemaakt. Toch blijkt dat de implementatie nog te wensen overlaat en er nog veel ontwikkeling en onderzoek nodig is om van prototypen tot werkende interventies te komen, die ook bij kwetsbare groepen in de GGZ kunnen worden ingezet.

Introductie

Biofeedback: wat is het?

Biofeedback is een holistische therapie, wat wil zeggen dat deze gebaseerd is op de overtuiging dat mentale en emotionele veranderingen effect hebben op het lichaam en dat veranderingen in het lichaam effect hebben op geest en emoties (Tan, Shaffer, Lyle, & Teo, 2016). Hierbij wordt er getracht door middel van elektronisch instrumentarium en sensoren samen met professionele expertise, cliënten inzicht en controle te bieden over dysfunctionele psychofysiologische processen (Browne, 2015). Door middel van biofeedback leren individuen hun fysieke systeem aan te passen met als doel het verbeteren van hun fysieke, mentale, emotionele en spirituele gezondheid (Frank et al., 2010). Daarnaast kan biofeedback training zorgen voor een grotere weerbaarheid (Lehrer, 2016). Effectieve biofeedback training kan het vermogen tot zelfregulatie van een individu verbeteren door middel van een verhoogd bewustzijn en het betrokken zijn op zijn/haar eigen fysiek systeem en zenuwstelselfuncties. Dit kan resulteren in een verbetering van de gezondheid en een afname van een heel aantal symptomen of diagnoses (Browne, 2015).

In biofeedback worden meerdere variabelen gemeten, deze worden ook wel modaliteiten genoemd. Een van de gewoonlijk gemeten fysiologische variabelen binnen biofeedback is de oppervlakte-elektromyografie (sEMG) (Frank et al., 2010). Oppervlakte-elektromyografie is het meten van de elektrische signalen die worden geproduceerd door de spieren wanneer deze zich aanspannen (Khazan, 2013). Andere gewoonlijk gemonitorde variabelen die gebruikt worden in biofeedback met als doel het verminderen van sympathische 'arousal' zijn: hartslag, ademhalingsritme, huidoppervlaktetemperatuur, huidgeleiding en hartslagvariabiliteit (Frank et al., 2010). Dit worden ook wel de verschillende modaliteiten binnen de biofeedback genoemd. De eerste modaliteit is neuromusculair, zoals hierboven beschreven. Bij de modaliteit ademhaling worden de hoeveelheid ademhalingen, het patroon van de ademhaling en het niveau van koolstofdioxide in het bloed gemeten. Binnen de modaliteit cardiovasculair worden de hartslag, hartslagvariabiliteit, bloeddruk en 'respiratory sinus arrhythmia' (RSA) gemeten. Deze laatste is het natuurlijke verschil in verhoogde hartslag bij inademing en een verlaagde hartslag bij uitademing. Een volgende modaliteit is huidgeleiding, hierbij wordt de activiteit van de exocriene zweetklier gemeten, die exclusief onder invloed is van de sympathische tak van het autonoom zenuwstelsel (Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2017). De modaliteit perifere huidtemperatuur houdt meting van vinger of teen temperatuur in (Tan et al., 2016).

Een apart onderdeel binnen het onderzoeksveld van biofeedback is ‘neurofeedback’, ook wel ‘EEG biofeedback’. Dit lijkt op biofeedback, omdat er bij neurofeedback ook gebruik wordt gemaakt van biosensor technologie om feedback te geven aan een individu. Het verschilt echter aanzienlijk van biofeedback, omdat het neurale activiteit meet van het brein of het centraal zenuwstelsel middels elektro-encefalogram (EEG) (Tan et al., 2016), terwijl biofeedback betrekking heeft op signalen van het perifere of autonome zenuwstelsel (Browne, 2015). Neurofeedback meet iets totaal anders dan biofeedback, namelijk hersengolven en activiteit. Dit is momenteel nog beperkt inzetbaar als draagbare apparatuur met veel beperkingen. EEG-metingen worden momenteel nog gedaan op een statische manier in de kamer van de therapeut. Voor een accurate EEG-meting zijn elektroden, versterkers, opname apparatuur en omvormers nodig. De elektroden bevinden zich vaak in een ‘cap’ die op het hoofd wordt geplaatst en gekoppeld is via draden aan een computer die snel genoeg moet zijn om deze data op te kunnen slaan. De technologie is nog in grote mate intrusief en niet inzetbaar buiten een gestandaardiseerde setting (Teplan, 2002). In deze review wordt dan ook niet gekeken naar neurofeedback, maar alleen biofeedback. Het doel van deze review is namelijk het onderzoeken van de mogelijkheden over de inzet van biofeedback in de ambulante geestelijke gezondheidszorg in het dagelijks leven van cliënten, en dit is momenteel nog niet haalbaar met neurofeedback. Daarnaast zou dit onderzoek hierdoor ook te uitgebreid worden.

Biofeedback is een interventie gericht op het verminderen van sympathische opwinding van het zenuwstelsel. Om deze opwinding waar te nemen worden meerdere modaliteiten gemeten. Door deze informatie direct terug te koppelen aan de cliënt en oefeningen te doen gericht op het verminderen van deze activiteit, kunnen zowel de fysieke, mentale, emotionele en spirituele gezondheid worden verbeterd.

De toepassing van Biofeedback

Vaak zijn mentale en gedragsmatige stoornissen moeilijk te behandelen en moeilijk te monitoren. Voorbeelden hiervan zijn meerdere verslavingen en ook angststoornissen en depressie. Psychische interventies vinden vaak plaats in de kamer van de therapeut. (Fletcher, Tam, Omojola, Redemske & Kwan, 2011)

Een voorbeeld van de toegevoegde waarde van het meten van- en het feedback geven aan mensen in het dagelijks leven is dat therapietrouw kan worden verbeterd (Reiner, 2008). Een belangrijk onderdeel van biofeedback zijn bijvoorbeeld ontspanningsoefeningen. Zo is een methode om de hartslagvariabiliteit te verbeteren het gebruik van de ‘Respiratory Sinus Arrhythmia (RSA)’.

Deze is zoals hierboven uitgelegd de natuurlijke fluctuatie van het hart die in grote mate wordt beïnvloed door de ademhaling. In een training is het belangrijk dat de golfbeweging van deze RSA gebruikt wordt om de ademhaling te vertragen zodat de hartslag en de ademhaling gelijklopen (Reiner, 2008). Het doel van biofeedback het laten zien aan cliënten dat ze hun fysiologische staten kunnen controleren door middel van bepaalde vaardigheden, zoals ontspanningsoefeningen. De effectiviteit van de training hangt er uiteindelijk vanaf hoe goed de cliënt deze aangeleerde vaardigheden kan generaliseren (Reiner, 2008). Belangrijk hierin is dus de therapietrouw van cliënten. Uit onderzoek is gebleken dat ontspanningsoefeningen gepaard gaan met een lage therapietrouw (Lehrer & Woolfolk, 2007). Hierin kunnen draagbare instrumenten ondersteuning bieden, omdat ze enerzijds cliënten kunnen voorzien van objectieve middelen om hun fysiologische relaxatie te verbeteren en anderzijds kunnen behandelaren zich zo verzekeren dat oefeningen worden uitgevoerd en dat deze goed worden uitgevoerd (Reiner, 2008).

Biofeedback heeft niet alleen toegevoegde waarde voor de therapietrouw en generalisatievaardigheden van cliënten. De therapievorm is effectief in de behandeling van meerdere psychische stoornissen. Er is steeds meer bewijs dat psychiatrische en medische stoornissen gekarakteriseerd kunnen worden door een onbalans binnen het autonome zenuwstelsel (Berntson & Cacioppo, 2004). Deze onbalans van de ‘vlucht of vecht reactie’ van het lichaam, komt meestal naar voren als opwinding/rigiditeit van het sympathisch zenuwstelsel. En daarnaast van een afgenomen activiteit van het parasympatische zenuwstelsel (Berntson & Cacioppo, 2004). Als het sympathisch zenuwstelsel actief is, is ons lichaam in paraatheid wat te zien is aan bijvoorbeeld een hogere hartslag en snellere ademhaling. Als het parasympatisch zenuwstelsel actief is, is er juist ruimte voor rust en herstel (Reiner, 2008). Een van de meest directe niet invasieve methoden om deze opwinding van het autonome zenuwstelsel te meten is de hartslagvariabiliteit (Porges, 2007). Korte en lange termijn stressreacties en stoornissen die gepaard gaan met een toename van sympathische activiteit, gaan samen met een afname van de hartslagvariabiliteit (Reiner, 2008). Biofeedback training, waaronder HRV-biofeedback, is speciaal ontworpen om deze reactiviteit van het autonome zenuwstelsel te verminderen en probeert daarnaast homeostatische mechanismen te reguleren (Lehrer et al., 2003).

In tegenstelling tot cognitieve en gedragsmatige componenten van therapie, wordt de somatische of fysiologische component vaak genegeerd. Toch richt deze component zich op belangrijke symptomen van angst en spanning (Lehrer, 2016).

Een bekende techniek om psychologische opwinding te registreren is het meten van huidgeleiding. Hierbij worden snelle veranderingen in huidgeleiding als reactie op triggers geëvalueerd (Kuijpers et al., 2012). Huidgeleiding is de enige modaliteit die alleen sympathische opwinding weergeeft. Zweetklieren zijn exclusief onder invloed van de sympathische tak van het autonoom zenuwstelsel. (Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2017)

Huidgeleiding wordt regelmatig gebruikt in psychologisch onderzoek (e.g., Kikhia, et al., 2016), echter nog weinig in de klinische praktijk. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat er tot voorkort veel uitrusting nodig was waarop de cliënt moest worden aangesloten om dergelijke metingen uit te voeren. Dit is de klassieke en statische manier om biofeedback in te zetten. Met de huidige technologische ontwikkeling is de ontwikkeling van kleine draagbare apparaten, in de vorm van bijvoorbeeld horloges of armbanden, die huidgeleiding en andere psychofysiologische parameters kunnen meten, mogelijk geworden (e.g., Picard, 2010; Fletcher et al., 2010). Dit zijn apparaten die kunnen worden gedragen zonder beperkend of lastig te zijn voor een individu. Dit biedt kansen om psychofysiologische veranderingen bij cliënten te meten tijdens hun reguliere dagelijks leven en zelfs in een periode van psychische crisis (Kuijpers et al., 2012). Zo kan de opbouw van arousal en agressie in het dagelijks leven worden ingeschat. Hierdoor kan preventief worden gehandeld (Kuijpers et al., 2012).

Een goed voorbeeld van effectieve en bewezen werkzame behandeling door middel van biofeedback binnen de geestelijke gezondheidszorg is de behandeling van angst gerelateerde stoornissen. Yucha en Montgomery (2008) classificeren biofeedbacktraining, gebruik makend van 'The Applied Psychophysiology and Biofeedback/International Society for Neurofeedback and Research (AAPB/ASNR) Task Force richtlijnen', voor angststoornissen als effectief (level 4). Deze richtlijnen maken alleen geen onderscheid tussen de verschillende angststoornissen. Echter, een onderzoek van Meuret et al. (2008) heeft de effectiviteit van 'eind-tidal pCO₂' biofeedback bewezen in het significant verminderen van de frequentie en ernst van paniek aanvallen. 'Eind-tidal pCO₂' biofeedback training, is het tegen gaan van aanhoudende of acute afname van pCO₂ in het bloed, het belangrijkste kenmerk van hyperventilatie, door middel van ademhalingstraining. Deze bestaat uit het feedback geven over het ademhalingsritme en directe feedback door een capnometer over de pCO₂ waarde (Meuret et al., 2008). Daarnaast heeft onderzoek (Meuret et al., 2009) aangetoond dat 'eind-tidal pCO₂' biofeedback training de angst voor lichamelijke sensaties vermindert bij patiënten met een paniekstoornis, een belangrijke karakteristiek van een paniekstoornis.

Ook in de behandeling van een gegeneraliseerde angststoornis is 'sEMG' biofeedback training bewezen effectief bevonden (Yucha & Montgomery, 2008).

In een recente review (Pluess et al., 2009), wordt zelfs geconcludeerd dat spierontspanningstraining in combinatie met CGT de best beschikbare behandeling is voor GAS.

Ook worden cliënten door middel van biofeedback stressreductietechnieken aangeleerd om hun stressreactie te gaan controleren. Dit werd echter gedaan in een rustige en ontspannen omgeving, waardoor de vaardigheid mogelijk niet gegeneraliseerd kan worden naar stressvolle belangrijke scenario's waar het juist nodig is (Driskell, & Johnston, 1998). Hierom is het van belang deze vaardigheden ook in deze situaties te kunnen trainen.

Een voorbeeld van de mogelijke toepasbaarheid van biofeedback als therapievorm is de standaardbehandeling voor een paniekstoornis. Deze bestaat uit farmacotherapie of cognitieve gedragstherapie. Hierbij houdt CGT vaak psycho-educatie, cognitieve herstructurering, ademhalingsoefeningen, ontspanningsvaardigheden en mogelijk exposure in (Khazan, 2013). Cliënten met een paniekstoornis werken aan het veranderen van disfunctionele gedachten over lichamelijke verschijnselen en ondergaan exposure om te gaan ervaren dat deze gedachten niet kloppend zijn en om de spanning te doen afnemen. Biofeedback kan hierin een objectieve manier zijn om cliënten te laten zien hoe hun gedachten hun fysiologische staat beïnvloeden en wat er op fysiologisch niveau gebeurt in hun lichaam. Daarbij vraagt exposure vaak oefening in het echte leven van de cliënt, hierin kan draagbare biofeedback worden ingezet.

Bijdrage huidig onderzoek

Biofeedback lijkt al met al veel mogelijke implicaties te hebben voor de geestelijke gezondheidszorg en kan van grote toegevoegde waarde zijn op hoe er wordt omgegaan met de relatie tussen mentale en fysieke verschijnselen en stoornissen. Tot op heden lijkt deze toegevoegde bewezen waarde beperkt te zijn gebleven tot de hierboven beschreven statische biofeedback. De gebieden van biofeedback en technologie ontwikkelen zich echter snel. Ook binnen de geestelijke gezondheidszorg worden de mogelijkheden steeds groter. Het doel van dit onderzoek is dan ook een overzicht te geven van de huidige stand van zaken met betrekking tot het gebruik van draagbare biofeedback in de geestelijke gezondheidszorg.

Tot op de dag van vandaag is er geen literatuuronderzoek gedaan die overzicht creëert in de huidige stand van zaken in de implementatie en het onderzoek naar draagbare biofeedbackapparatuur binnen de geestelijke gezondheidszorg. Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

Deelvraag 1: welke technologie en welke apparaten worden er gebruikt?

Deelvraag 2: welke modaliteiten/fysiologische waarden worden gemeten met deze apparatuur?

Deelvraag 3: waaruit bestaat de therapie en op welke stoornis is de therapie gericht?

Deelvraag 4: hoe groot is de effectiviteit van de biofeedbackinterventie volgens het onderzoek?

Deelvraag 5: wat is het Technologie gereedheidsniveau?

Methoden

Het antwoord op de onderzoeksvraag is gevonden door het uitvoeren van een literatuuronderzoek. Hiervoor zijn de wetenschappelijke zoekmachines ‘Scopus’ en ‘Psychinfo’ gescand. De volgende kernzoektermen zijn hierin meegenomen: ‘biofeedback’, ‘wearables’ en ‘mental health care’. Ook zijn er meerdere gerelateerde termen voor deze zoektermen gebruikt om geen relevante literatuur te missen, naast ‘wearables’ is ‘biosensor’ als gerelateerde term toegevoegd en voor ‘mental health care’ de gerelateerde termen ‘psychology’, ‘psychiatric care’, ‘psychiatric treatment’ en ‘psychiatric disorder’. Dit leidde tot een totaal van 83 artikelen. Hierna zijn eerst duplicaten verwijderd waarna de titels en samenvattingen van de artikelen zijn gescand op relevantie en de hierbeneden genoemde exclusiecriteria zijn toegepast. Dit resulteerde in een definitieve groep van 8 artikelen. Deze overgebleven artikelen zijn grondig geanalyseerd aan de hand van de opgestelde sub-vragen. De antwoorden op deze sub-vragen zijn terug te vinden in de resultaten sectie en deze bieden tezamen de mogelijkheid antwoord te geven op de onderzoeksvraag.

TGN

Om te bepalen hoever technologie is ontwikkeld is gebruik gemaakt van het Technologie gereedheidsniveau (TGN). Het Technologie gereedheidsniveau is een begrip dat voor het eerst in gebruik werd genomen door de NASA in 1989. De definitie van de Europese Commissie bestaat uit 9 levels variërend van level 1 ‘basic principles observed’ tot level 9 ‘actual system proven in operational environment’. Dit is de meest generieke definitie van het systeem gereedheidsniveau en toepasbaar in de meeste contexten (European Commission, 2014). Deze definitie wordt dan ook gehanteerd binnen dit literatuuronderzoek. Voor de volledige definitie van de niveaus zie de bijlage I.

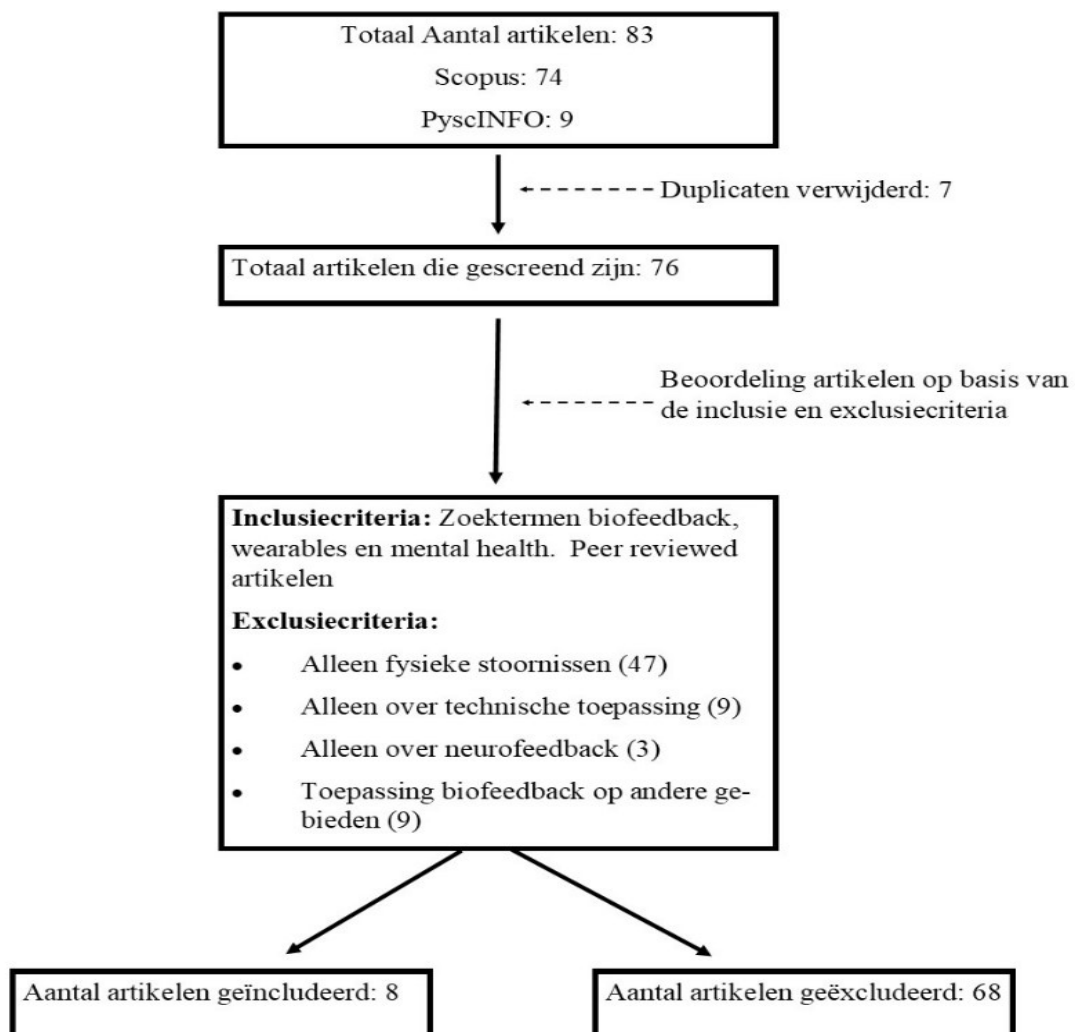
Exclusiecriteria

Zoals te zien is in figuur 1, zijn er 4 exclusiecriteria toegepast. Als eerste stap zijn de artikelen gescreend op de voor dit onderzoek relevante zoektermen ‘biofeedback’ en ‘mental health’ en ‘wearables’. Artikelen die deze zoektermen niet bevatten zijn geëxcludeerd. Artikelen die enkel over ‘neurofeedback’ gaan zijn geëxcludeerd, omdat deze buiten de scope van dit onderzoek vallen. Hiervoor zijn de samenvattingen van de artikelen gescand op inhoud. Daarnaast is alleen gekeken naar artikelen die zich richtten op de toepassing van biofeedback bij mentale stoornissen, artikelen die zich enkel richtten op de toepasbaarheid op fysieke stoornissen zijn ook geëxcludeerd. Ook hiervoor zijn de samenvattingen van de artikelen gescand. Alleen artikelen die zijn gepubliceerd in ‘peer reviewed’ tijdschriften zijn meegenomen in dit onderzoek.

Analysemethode

Voor het beantwoorden van de eerste deelvraag zijn de artikelen grondig gelezen om te ontdekken welke technologieën er zijn gebruikt. Hierbij is gekeken naar welke sensoren en technologie zijn gebruikt en de draagbaarheid hiervan. Voor deelvraag 2 is daarnaast gekeken welke modaliteiten/fysiologische waarden gemeten zijn door deze sensoren. Om de derde deelvraag te beantwoorden is gekeken naar voor welke psychische aspecten de interventies zijn ontworpen. De informatie voor deze 3 deelvragen was meestal terug te vinden in de methode sectie van de artikelen of in de introductie. Om de effectiviteit terug te vinden zijn de resultaten secties van de verschillende artikelen grondig gelezen. Hierbij is gelet op de benoemde effectiviteit, maar ook de wijze waarop deze effectiviteit is aangetoond. Of dit door zelfrapportage of fysiologische variabelen is aangetoond. Voor deelvraag 5 is gebruik gemaakt van het technologie gereedheidsniveau. Het technologie gereedheidsniveau (TGN) is een subjectieve maat (een score van 1 tot 9) om aan te geven hoe ver een bepaald systeem of een bepaalde biofeedback applicatie is ontwikkeld. En daarnaast hoe groot de huidige bruikbaarheid en implementatiekracht van het systeem is. Een score van 1 betekent dat het slechts een concept is en 9 dat het systeem klaar is voor gebruik op grote schaal binnen de GGZ. Per interventie is gekeken welke score passend is bij de ontwikkeling hiervan door de verschillende niveaus binnen het TGN te vergelijken met de informatie uit de artikelen die meestal een combinatie was van de voorgaande deelvragen en het grondig bestuderen van de resultaten en methodesectie van de artikelen.

Figuur 1. Flowchart Literatuuronderzoek



Resultaten

Na het selectieproces zijn er 8 relevante artikelen overgebleven die aan alle criteria voldoen. Hierbij is het artikel van Serino en collega's (2014) een verder uitgewerkte versie van het onderzoek dat in het artikel van Gaggioli en collega's (2014) wordt beschreven. Omdat er in beide artikelen informatie staat over de interventie zijn beide artikelen meegenomen, maar voor de resultaten worden deze als 1 artikel gezien. Voor deze artikelen zijn de verschillende deelvragen beantwoord.

Deelvraag 1: welke technologie en welke apparaten zijn er gebruikt?

Alle meegenomen artikelen binnen deze studie, spreken van draagbare biofeedback apparatuur. De gebruikte biofeedback sensoren zijn in alle gevallen draagbaar. Dat de sensoren draagbaar zijn betekent echter niet dat het gehele systeem draagbaar is. Van de 8 artikelen zijn er 3 werkelijk draagbaar in de zin dat ze overal in het dagelijks leven van een individu ingezet zouden kunnen worden.

Zo maken Fletcher en collega's (2011) gebruik van een draagbare sensorband om de enkel die gekoppeld wordt aan iemands mobiele telefoon via bluetooth. En bestaat de interventie van Serino en collega's (2014) uit een mobiele applicatie die gekoppeld is aan een draagbare hartslagmeter via bluetooth. In het onderzoek van Parnandi en collega's (2017) is er gebruik gemaakt van een mobiel spel dat gekoppeld wordt aan een 'bioharness BT' en daarnaast aan een 'Shimmer sensor' bestaande uit twee elektroden aan de niet dominante hand. Dit systeem is ook draagbaar. De meting van huidgeleiding is echter wel intrusief.

In 3 andere artikelen is de draagbare apparatuur gekoppeld aan een computer en daarmee minder mobiel. Eén artikel gaat over een stressmanagementapplicatie (SMA), die gekoppeld is aan een 'BioHarness' van 'Zephyr'. Dit is een band die gedragen wordt rondom de borst. De stressmanagementapplicatie staat op een computer of laptop waaraan de ECG-meter is gekoppeld (Al Osman, Eid, & El Saddik, 2014). Ook het systeem dat wordt beschreven in het onderzoek van Wu en collega's (2012) bestaat uit draagbare sensoren die als buik- of borstband kunnen worden gedragen. Het systeem is gekoppeld aan een mobiele telefoon, maar om het gehele 'body sensor network' compleet te maken is nog een laptop nodig. Het systeem is in designfase en alleen statisch bruikbaar. Het derde artikel gaat over het gebruik van een prototype ECG-sensor en een prototype EEG sensor. Deze sensoren zijn draagbaar, maar gekoppeld aan een computer waarop het stressmanagementprogramma (SMP) kan worden uitgevoerd (Millings et al., 2015).

Het artikel van Tollitson (2017) is anders dan de andere artikelen, omdat het slechts een concept over een systeem beschrijft, dat emoties waarneemt en een gepersonaliseerde 'geurbubbel' naar de neus zou kunnen sturen. Het concept dat wordt beschreven heet 'eScent' en er zou gebruik moeten worden gemaakt van Nano-elementen die de fysiologie meten en geurverspreiders die in de kleding kunnen worden verwerkt. Dit blijft echter een concept en heeft nog geen verder design uitgewerkt.

Concluderend kan worden gesteld dat er weinig gebruik wordt gemaakt van draagbare biofeedback in de geestelijke gezondheidszorg, zo zijn van de 8 interventies 3 werkelijk draagbaar, in de zin dat ze overall in het dagelijks leven van een individu ingezet zouden kunnen worden. Dit betekent dat de mogelijkheden nog niet optimaal worden benut en de training nog weinig in het dagelijks leven kan plaatsvinden.

Deelvraag 2: welke modaliteiten/fysiologische waarden zijn gemeten met deze apparatuur?

De belangrijkste gemeten modaliteiten zijn cardiovasculair, huidgeleiding -welke ook wel 'electrodermal activity' wordt genoemd- en ademhaling. De modaliteit cardiovasculair wordt meegenomen in alle artikelen, de modaliteit huidgeleiding in twee artikelen (Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2015; Fletcher, Tam, Omojola, Redemske, & Kwan, 2011) en de modaliteit ademhaling in 3 artikelen (Osman, 2014; Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2015; Wu, Gil, & Lee, 2012). Daarnaast wordt er bij 1 artikel gebruik gemaakt van EEG-meting behorende bij de modaliteit neurofeedback (Millings et al., 2015). In het artikel van Fletcher en collega's (2011) is naast huidgeleiding ook gekeken naar huidtemperatuur en 3-assen beweging. Deze laatste meet de fysieke activiteit en is ook gebruikt binnen het onderzoek van Millings en collega's (2015). Binnen de modaliteit cardiovasculair is er met name gekeken naar de hartslagvariabiliteit (HRV) en hartslag door middel van een elektrocardiogramsensor (ECG). Opgemerkt kan worden dat in het onderzoek van Serino en collega's (2014) alleen gebruik is gemaakt van een hartslagmeting en dat binnen het onderzoek van Tollitson (2017) nog geen metingen zijn verricht, omdat dit een concept beschrijft van een systeem.

Wanneer er wordt gekeken naar de modaliteiten die zijn gemeten valt op dat er met name gebruik wordt gemaakt van de hartslag en ademhaling. De interventies maken geen gebruik van alle variabelen die kunnen worden meegenomen in biofeedback. Ook combinaties van verschillende modaliteiten zijn schaars, waardoor kan worden gesteld dat de activatie en deactivatie van het zenuwstelsel slechts beperkt worden geregistreerd en bewerkstelligd.

Deelvraag 3: waaruit bestaat de therapie en op welke stoornis is de therapie gericht?

De applicatie die wordt besproken binnen het onderzoek van Fletcher en collega's (2011) is gericht op het leren omgaan met momenten van stress of trek in het geval van verslaving. Het is specifiek voor de doelgroepen met posttraumatische stress stoornis en/of verslaving. Hierbij worden in het geval van detectie van een zekere opwinding automatisch therapeutische en empathische berichten voortkomend uit cognitieve gedragstherapie aangeboden. De therapie bestaat uit zelfreflectietechnieken en relaxatietechnieken, bijvoorbeeld ademhalingsoefeningen. Het systeem is zo aangepast dat het reageert op de unieke fysiologie van ieder individu.

Behalve het artikel van Tollitson (2017) gaat de rest van de artikelen ook over het hanteren van stress. In het onderzoek van Osman en collega's (2014) is een applicatie ontwikkeld voor het monitoren van stress in een kantooromgeving en geeft deze ondersteunende feedback op het moment dat een verhoogd stressniveau wordt waargenomen. Ook de artikelen van Wu en collega's (2012), Millings en collega's (2015), Serino en collega's (2014) en Parnandi en collega's (2015) gaan over het controleren van stress, dit keer met de doelgroepen van werklozen, studenten en werkenden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van 'resonance frequency training biofeedback (RFT)', wat een vorm van hartslagvariabiliteitbiofeedback is welke gebruik maakt van ademhalingstechnieken. En daarnaast ook van CGT, positieve psychologie, psycho-educatie en in het onderzoek van Serino en collega's (2014) van 3D biofeedback. Dit artikel onderscheidt zich omdat de feedback indirect wordt weergegeven via de 3D omgeving, zoals bijvoorbeeld een kampvuur dat van grootte verandert. Het artikel van Parnandi en collega's (2015) onderscheidt zich ook, omdat er gebruik wordt gemaakt van een mobiel spel. Het spel past zich hierbij zo aan, dat het ontspanning beloont. Dit is een impliciete vorm van biofeedback met subtiele wijzigingen binnen het spel. Het tegenstrijdige hierbij is dat wanneer de stress van een gebruiker toeneemt het spel moeilijker wordt, maar tegelijkertijd van de gebruiker wordt verwacht dat deze zijn stressreactie beter onder controle krijgt.

Zoals hierboven benoemd, gaat het artikel van Tollitson (2017) specifiek over stress bij mensen met affectieve stoornissen. De therapie is anders, omdat biofeedback hierbij slechts dient om te monitoren of zich verhoogde opwinding voordoet om context afhankelijke geuren te kunnen verspreiden. Het is een combinatie van biofeedback en aromatherapie. Het is echter zoals eerder beschreven nog conceptueel.

Geconcludeerd kan worden dat de huidige toepassing van biofeedback in de GGZ gefocust is op stress gerelateerde klachten en het verhelpen hiervan.

Ook al is stress een component in verschillende stoornissen en heeft stress zelf grote gevolgen, de toepassing op verschillende psychische stoornissen is dus nog beperkt.

Deelvraag 4: hoe groot is de effectiviteit van de biofeedbackinterventie volgens het onderzoek?

Zowel het mobiele spel van Parnandi en collega's (2015) als het systeem van Wu en collega's (2012) bleken effectief in het verminderen van sympathische opwinding en het induceren van ontspanning. Het spel resulteerde in een betere retentie van de aangeleerde vaardigheden en het systeem in een verbetering van stressmanagement en emotionele controle. Ook in het onderzoek van Serino en collega's (2014) was de feedback van gebruikers positief. De waargenomen stress nam af en het systeem ondersteunde een positieve emotionele staat van de deelnemers. Ook de waargenomen opwinding was afgenomen en was er een significante afname in angst. Deze uitkomsten werden echter gebaseerd op basis van subjectieve zelfrapportage lijsten. Er werd dan ook geen significant verschil in hartslag gevonden, wat waarschijnlijk het gevolg was van de beperkte groep deelnemers.

Hiernaast waren er meerdere artikelen die geen effectiviteit hebben weten aan te tonen. In het onderzoek van Millings en collega's (2015) kwam naar voren dat draagbare biofeedback de effectiviteit van een bestaande interventie niet vergroot. Mogelijk door het gebruiksongemak dat werd ervaren. In het onderzoek van Osman en collega's (2014) is alleen gekeken naar de effectiviteit van meten en is er puur subjectief gevraagd aan de deelnemers hoe zij de interventie ervaren. Dit was positieve feedback maar geen uitsluitend bewijs. Ditzelfde was het geval bij het onderzoek van Fletcher en collega's (2011), het systeem was nog in ontwikkeling en er was nog geen verdere informatie over de vermindering van de PTSS-klachten of aan verslaving gerelateerde klachten. Alleen subjectief leek de eerste feedback positief.

Tot slot werd er in het artikel van Tollitson (2017) alleen gesproken over mogelijke effectiviteit van een dergelijk systeem in het behandelen van affectieve stoornissen. Vanwege de conceptuele fase had er echter geen experiment plaatsgevonden.

Concluderend valt op te merken dat de meeste interventies nog maar weinig objectief effectief zijn gebleken. De subjectieve effectiviteit is echter wel veelbelovend. Er is vaak gebruik gemaakt van zelfrapportage en niet van objectieve meetinstrumenten. Echter zijn er ook interventies die effectief zijn gebleken op het verminderen van sympathische opwinding die objectief is vastgesteld.

Deelvraag 5: wat is het technologie gereedheidsniveau?

Hieronder worden de verschillende interventies besproken op basis van het technologie gereedheidsniveau en in tabel 1 zijn de uiteindelijk toegekende niveaus terug te vinden.

Opvallend is dat slechts drie interventies ook in het echte leven van de participanten zijn getest. In het onderzoek van Serino en collega's (2014) werd een applicatie in het dagelijks leven gebruikt met een armband die de hartslag mat. Ook het systeem van Osman en collega's (2014) werd in het dagelijks leven uitgetest in een kantooromgeving, en ook met het systeem van Wu en collega's (2012) werd thuis geoefend door participanten. Toch waren deze interventies ook beperkt inzetbaar. Alleen de interventie van Serino en collega's (2014) was een volledig draagbare applicatie die gekoppeld was via bluetooth aan een armband. De andere twee interventies waren echter gekoppeld aan een computer en dus nog steeds in zekere mate statisch en beperkt in gebruik. Daarnaast bevonden deze interventies zich alle drie in de designfase en bestonden uit prototypen.

De mobiele applicatie van Fletcher en collega's (2011) was wel draagbaar en via biofeedback gekoppeld aan de sensoren. Deze is echter alleen getest in labsetting. Ook het spel van Parnandi en collega's (2015) was mobiel en gekoppeld aan draagbare sensoren, maar alleen getest in labsetting en een prototype. Voordeel van dit prototype was wel dat deze als niet intrusief werd ervaren en dat een spel het voordeel bood van contextueel leren. De stressmanagement interventie van Millings en collega's (2015) is ook beperkt getest in een labsetting. Daarnaast bleek de biofeedback niet effectief waarschijnlijk als gevolg van technische problemen omdat dit een prototype was.

De auteurs van de verschillende artikelen beschreven elk de effectiviteit van de biofeedback interventie. Een aantal hadden zelfs de effectiviteit hiervan bewezen, echter alleen door middel van subjectieve zelfrapportage (Serino et al., 2014; Osman et al., 2014; Fletcher et al., 2011). Ook waren er artikelen die de objectieve effectiviteit van de interventie hebben bewezen en een effect lieten zien in verbeterde retentie van de geleerde technieken en een vermindering in sympathische opwinding (Wu et al., 2012; Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2015). Het onderzoek van Millings en collega's (2015) liet juist geen effect zien, mogelijk door de technische problemen van het prototype. En het artikel van Tollitson (2017) bood slechts een concept en dit concept moest nog ontwikkeld gaan worden tot prototype.

De toegevoegde waarde was volgens de auteurs van de artikelen te vinden in bijvoorbeeld het monitoren van de geestelijke gezondheid tussen afspraken door, of het doen toenemen van de controle vaardigheden over het autonoom zenuwstelsel en de afname van psychologisch ongemak hierdoor.

Daarnaast konden door middel van een spel contextueel vaardigheden worden aangeleerd en konden de interventies zorgen voor een afname in waargenomen stress.

Geconcludeerd kan worden dat de meeste interventies nog ver weg staan van implementatie binnen de geestelijke gezondheidszorg. Zowel de techniek als gebruikte meetmethoden laten veelal nog te wensen over en er is vaak nog sprake van statische biofeedback.

Tabel 1: Schematisch overzicht van de beantwoording van de deelvragen per artikel in steekwoorden weergegeven. Dit geeft een compacte weergave van de in de artikelen besproken biofeedbackinterventies.

Referenties	Technologie	Modaliteiten	Therapie	Stoornis	Effect	TGN
Fletcher et al. (2011)	Sensorband/ Mobiele- telefoon	Huidgeleiding/ ECG	Zelfreflectie/ Relaxatie/	PTSD/ Verslaving	NVT	4
Millings et al. (2015)	SMP/ computer/ Prototype- sensoren	ECG/EEG/ 3-assen	CGT/positieve Psychologie/ Psycho- educatie	Stress/ Studenten	Niet effectief	3
Parnandi & Gutierrez-Osuna (2015)	Mobiel spel /‘Shimmer- sensor’/ ‘bioharness’	ECG/ ademhaling/ huidgeleiding	Ademhaling/ Spel/ impliciete- feedback	Stress	Effectief	7
Serino et al. (2014)	Mobiele- applicatie/ Hartslag- meter	Hartslag	3D- biofeedback/ Ademhaling/ relaxatie	Stress	Effectief (Subjectief)	6
Tillotson (2017)	Nano- elementen/ ‘eScent’	ECG/ hartslag/ huidgeleiding	Aromatherapie	Affectieve- Stoornis	NVT	2
Wu et al. (2012)	Borstband/ mobiele- telefoon/ laptop	ECG/hartslag /ademhaling	RFT biofeedback/ Ademhaling	Stress/ Werkeloos	Effectief	6
Osman et al. (2014)	Computer/ SMA/ ‘bioharness’	ECG/ ademhaling	Multimedia/ feedback	Stress/ Kantoor	Mogelijk Effectief (subjectief)	5

Discussie

Huidig onderzoek

Het doel van het huidige onderzoek is het exploreren van de stand van zaken wat betreft draagbare biofeedback binnen de geestelijke gezondheidszorg. Om hiermee een overzicht te kunnen geven van en inzicht in de ontwikkelingen binnen dit nieuwe veld. De onderzoeksvraag is: *“Welke biofeedback wearables worden in de huidige geestelijke gezondheidszorg toegepast?”*

In de beantwoording van de onderzoeksvraag kan worden gesteld dat biofeedback wearables nog maar beperkt gebruikt worden en beperkt kunnen worden ingezet binnen de geestelijke gezondheidszorg. Er zijn maar 8 artikelen gevonden die een draagbare biofeedback interventie beschrijven en hiervan zijn er maar 2 interventies werkelijk draagbaar. Alle interventies die besproken zijn bevinden zich of in de conceptuele fase of designfase en bestaan uit prototypen. Er zijn dus ontwikkelingen van prototypen, echter de interventies zijn nog verre van direct bruikbaar binnen de geestelijke gezondheidszorg.

Om de onderzoeksvraag verder te beantwoorden, worden allereerst de belangrijkste resultaten besproken, waarna de sterke en zwakke kanten van de huidige studie worden besproken, adviezen worden gedaan voor vervolgonderzoek en tenslotte een conclusie.

Uitkomsten

Biofeedback is bewezen werkzaam gebleken in de behandeling van slechts een paar mentale stoornissen en meerdere lichamelijke stoornissen en aandoeningen (Yucha & Montgomery, 2008). Tan en collega's (2016) geven een overzicht van de stoornissen waarbij biofeedback op dit moment wetenschappelijk bewezen effectief is gebleken, ook hier is het verschil in bewezen effectiviteit terug te vinden. Opvallend is dat binnen dit literatuuronderzoek slechts 8 artikelen zijn gevonden die betrekking hebben op het ontwikkelen van draagbare biofeedbacktechnologie voor mentale stoornissen en dat er 47 artikelen zijn geëxcludeerd, omdat deze betrekking hadden op fysieke problematiek. Ook uit dit literatuuronderzoek lijkt naar voren te komen dat draagbare biofeedback veelvuldig wordt ingezet voor fysieke problematiek en er nog maar weinig ontwikkeling is op het gebied van biofeedback wearables in de geestelijke gezondheidszorg. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat biofeedback is ontwikkeld vanuit de medische wereld en er pas sinds kort interesse is voor de inzet van biofeedback bij de behandeling van mentale problemen (Tan, 2016).

Dit is bijzonder aangezien de mogelijke toegevoegde waarde groot zou kunnen zijn voor veel mentale stoornissen, waarbij activatie van het autonoom zenuwstelsel optreedt. Dit is namelijk waar biofeedback zich op richt: het herstellen van de balans tussen de sympathische en parasympatische activiteit (Lehrer et al., 2003). Er is steeds meer bewijs dat verschillende psychiatrische en medische stoornissen gekarakteriseerd kunnen worden door een onbalans binnen het autonome zenuwstelsel (Berntson & Cacioppo, 2004). Biofeedback en andere geest-lichaam methoden kunnen daarnaast de weerbaarheid en de fysieke, mentale, emotionele en spirituele gezondheid van de cliënt verbeteren (Frank et al., 2010; Lehrer, 2016).

Uit de resultaten komt daarnaast naar voren dat van de 8 artikelen geen enkel artikel een systeem beschrijft dat op dit moment gereed is voor implementatie binnen de geestelijke gezondheidszorg. Het meest ontwikkelde systeem bestaat uit een mobiel spel gekoppeld via bluetooth aan draagbare sensoren (Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2015). De minst ontwikkelde interventie bestaat uit prototype sensoren die worden aangesloten op een computer. Er blijken zich veel technische problemen voor te doen met dit systeem (Millings et al., 2015). Ook al is de technologische ontwikkeling inmiddels zover dat draagbare biofeedback apparatuur zo ontwikkeld zou kunnen worden, dat deze onopvallend gebruikt zou kunnen worden in de ambulante behandeling (e.g., Picard, 2010; Fletcher et al., 2010). Toch is dit blijkbaar nog niet het geval. Ook uit de resultaten van deze studie blijkt dat de apparatuur voor het meten van de verschillende modaliteiten door middel van arm- en borstbanden onopvallend en weinig belastend in het echte leven kan worden gebruikt (e.g., Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2015). Er is echter vaak nog een koppeling met een computer nodig of bestaat de interventie nog uit intrusieve sensoren.

Wat ook opvalt is dat zes van de acht artikelen zich richten op het gebruik van draagbare biofeedback bij stress gerelateerde klachten. Het is bekend dat wanneer stress of spanning een belangrijke component is binnen de stoornis of ziekte van een individu, deze gebaat kan zijn bij het gebruik van biofeedback binnen een psychofysiologisch psychotherapie model. Hierin wordt de cliënt gezien als individu en wordt er gebruik gemaakt van stress management en andere psychotherapeutische interventies in combinatie met biofeedback training. Op die manier worden cliënten zich bewust van de invloed van stress en spanning op hun fysiologie. Zowel psychofysiologische beoordeling als psychologische evaluatie worden gebruikt om te kijken welke gedachtenpatronen bijdragen aan fysiologische kwetsbaarheid. Dit is een van de meest succesvolle behandelingen van stress gerelateerde stoornissen (Frank et al., 2010).

Het is dus ook niet gek dat de meeste studies zich hierop richten, wanneer zij een systeem ontwikkelen. Dit betekent echter ook dat er veel stoornissen onderbelicht blijven, waarbij biofeedback wel van toegevoegde waarde zou kunnen zijn.

De artikelen die zijn meegenomen in dit onderzoek, lijken sterk gefocust op het maken van een systeem dat goed functioneert en met name naar de juiste metingen wordt gekeken (en niet naar inhoudelijke effectiviteit). Ook is vrijwel alleen op subjectieve wijze gekeken naar de bruikbaarheid en effectiviteit. Zo laten Serino en collega's (2014) zien dat waargenomen stress en angst afnam en de interventie een positieve emotionele staat ondersteunde. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de systemen die zijn beschreven nog in de designfase zitten en nog niet zover zijn ontwikkeld. Daarentegen laten Wu en collega's (2012) zien dat sympathische activiteit is afgenomen en parasympatische activiteit is toegenomen door middel van subjectieve metingen van de fysiologie. Dit zijn de eerste evaluaties van deze systemen. Deze zijn veelbelovend, maar geven nog geen uitsluitsel over de effectiviteit. Ook zijn er geen interventies met biofeedback wearables die op dit moment ingezet kunnen worden binnen de geestelijke gezondheidszorg.

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van het technologie gereedheidsniveau van de Europese Unie (European Commission, 2014). Dit laat zien dat de technologie binnen de besproken artikelen nog ver van implementatie afstaat en er sprake is van 'onvolwassen systemen'. Vaak worden de termen van systeemgereedheid en volwassenheid van een systeem hetzelfde gezien binnen de literatuur en ook door elkaar gebruikt (Tetlay & John, 2009). Tetlay en John (2009) stellen echter dat hier beter onderscheid in kan worden gemaakt. Zo moet een systeem volgens Tetlay en collega (2009) eerst volledig 'volwassen' zijn voordat er kan worden gekeken naar de systeemgereedheid. In het volwassen worden van een systeem zijn hierbij 3 fasen te onderscheiden. De meeste interventies binnen dit onderzoek bevinden zich hierbij in fase 2. Deze houdt in dat de interventies zich in de fase bevinden waarbij systeemontwikkeling bezig is, maar 'volwassenheid' nog niet is bereikt. Er kan op deze manier dus ook nog geen sprake zijn van systeemgereedheid. Enkele artikelen bespreken interventies die al wel volwassen zijn, wat inhoudt dat deze zijn getest en geverifieerd op basis van de systeemeisen. (e.g. Wu et al., 2012; Parnandi & Gutierrez-Osuna, 2017). Geen van de interventies is echter gevalideerd en volledig klaar voor gebruik. Dus is er geen sprake van systeem gereedheid volgens deze auteurs (Tetlay & John, 2009). Daarnaast introduceren Tetlay en collega's (2009) een andere term, namelijk 'systeem vermogen'. Dit is volgens hen de stap waarbij de technologie niet alleen wordt gevalideerd tegen de systeemeisen, maar ook gevalideerd worden tegen de vermogenseisen.

Wat inhoudt dat gedemonstreerd kan worden, dat het systeem het vermogen en de capaciteit heeft om te presteren in de context waarin deze moet worden gebruikt (Tetlay & John, 2009). Dit is dus waar de biofeedback technologie zich naar toe zou moeten ontwikkelen om te kunnen worden gebruikt binnen de geestelijke gezondheidszorg, maar waar het op het moment nog niet is.

Sterke kanten en beperkingen

Voor zover bekend is dit het eerste literatuuronderzoek dat kijkt naar de bestaande literatuur over draagbare biofeedback en de inzet hiervan binnen de geestelijke gezondheidszorg. Hierom draagt dit onderzoek bij aan de kennis over en het overzicht binnen dit gebied. Daarnaast is er systematisch te werk gegaan en is de zoekvraag zorgvuldig samengesteld om geen relevante literatuur te missen. Dit door middel van het consulteren van een literatuurdeskundige en het met hem samen het verfijnen van de zoekvraag. Om er zeker van te zijn dat er geen relevante literatuur is gemist door het niet gebruiken van bepaalde databases (e.g. pubmed), is ook hier gekeken of deze extra relevante literatuur opleverden. Dit bleek niet het geval dus er kan gesteld worden dat voor dit onderwerp de meest relevante databases zijn gebruikt. Voor de volledigheid is contact gezocht met deskundigen op het desbetreffende gebied, zo is contact gelegd met een hoofdopleider van de Nederlandse biofeedbackopleiding.

Dit onderzoek heeft echter ook zijn tekortkomingen. Het kan zo zijn dat de zoektermen die zijn gekozen voor het includeren van artikelen die gaan over draagbare biofeedback in de geestelijke gezondheidszorg, ervoor hebben gezorgd dat de zoekopdracht te specifiek is geworden in een al weinig onderzocht onderwerp.

Daarnaast zijn de artikelen door slechts één onderzoeker gescreend op relevantie, en zo is de inhoud van de overgebleven artikelen ook alleen beoordeeld door één onderzoeker wat voor een mogelijke vertekening kan hebben gezorgd. Er heeft geen controle plaatsgevonden op het selectieproces.

Het is ook noemenswaardig dat dit literatuuronderzoek beperkt is gebleven tot gepubliceerde artikelen. Hierom is het belangrijk de ‘publicatie bias’ te bespreken. De publicatie bias ontstaat wanneer onderzoeken worden gepubliceerd op basis van slechts significante resultaten: Onderzoek heeft aangetoond dat kwalitatieve of statistisch significante bevindingen sneller worden gepubliceerd dan artikelen die negatieve of niet significante bevindingen beschrijven (Dickersin & Min, 1993). In andere woorden: Het zou kunnen dat er onderzoek ongepubliceerd is gebleven over biofeedback in de geestelijke gezondheidszorg als gevolg van niet significante resultaten.

Zeker op het gebied van de nieuw ontwikkelende technologie zou dit het geval kunnen zijn, waardoor een vertekend beeld ontstaat over het huidige onderzoek.

In dit onderzoek is neurofeedback buiten beschouwing gelaten, omdat deze nog niet volledig draagbaar zou zijn en daarnaast zou het onderzoek mogelijk te breed worden. Deze stelling behoeft echter nuancering. Door de huidige technologische ontwikkelingen zijn er niet alleen meer mogelijkheden op het gebied van biofeedback, ook op het gebied van neurofeedback zijn ‘*consumer level*’ apparaten op de markt gekomen. Een voorbeeld hiervan is de MUSE (Kelm et al., 2018), welke ingezet kan worden tijdens mindfulness trainingen in het dagelijks leven van de cliënt. Mindfulness training met behulp van de MUSE geeft significante resultaten op subjectief waargenomen emotionele balans, op de reactie op stress en op prestatie binnen een groep gezondheidsmedewerkers (Kelm et al., 2018). Dit apparaat bestaat uit een draagbare hoofdband en is dus niet statisch meer, volledig draagbaar en te koppelen aan een mobiele telefoon. Ook is de MUSE significant sneller en gemakkelijker te gebruiken dan statische apparatuur. (Ratti, Waninger, Berka, Ruffini & Verma, 2017). Echter, er zijn nog wel tekortkomingen die te maken hebben met de nauwkeurigheid van de metingen. Uit onderzoek (Ratti et al., 2017) is gebleken dat de MUSE gevoeliger is voor knippen en bewegingen rondom de ogen, dan medische en statische EEG meetinstrumenten wat kan zorgen voor vertekeningen in de gemeten waarden. Ook wordt de kwaliteit van de data negatief beïnvloed door het gebruik van ‘droge elektroden’ die de MUSE gebruikt. Deze kunnen zorgen voor ongemak en hebben het risico van misplaatsing op het voorhoofd. Hierdoor is de betrouwbaarheid van de MUSE relatief laag, en heeft de MUSE risico op inconsistentie (Ratti et al., 2017). Consistente en betrouwbare data zijn erg belangrijk wanneer deze worden gebruikt voor feedback en training binnen een kwetsbare populatie. Hierom heeft statische neurofeedback voor kwetsbare groepen zoals binnen de GGZ vermoedelijk nog steeds de voorkeur boven deze draagbare neurofeedback apparatuur.

Daarnaast meet neurofeedback andere waarden en fysiologische verschijnselen dan biofeedback, waar biofeedback fysiologische waarden meet die autonome activatie representeren en neurofeedback activatie van verschillende hersengolven. Echter zou het te snel geconcludeerd zijn om deze ontwikkelingen niet te benoemen, waar draagbare neurofeedback in de toekomst zeker ook van toegevoegde waarde kan zijn binnen de geestelijke gezondheidszorg.

Toekomstig onderzoek

Biofeedback lijkt van grote toegevoegde waarde te kunnen zijn in de ambulante geestelijke gezondheidszorg (Frank et al., 2010; Lehrer, 2016). Toch blijven de ontwikkelingen op dit gebied achter bij de technologische ontwikkelingen en de ontwikkelingen van de inzet van biofeedback op het gebied van fysieke problematiek. Uit de resultaten wordt duidelijk dat verdere ontwikkeling van de huidige systemen nodig is om deze op grote schaal in te kunnen zetten binnen de GGZ. Momenteel bestaan de meeste systemen nog uit een statische component die maken dat het gebruik in het dagelijks leven wordt bemoeilijkt. Binnen de artikelen werden drie interventies besproken waarbij de sensoren gekoppeld werden aan een computer en dus alleen statisch bruikbaar waren (Osman et al., 2014; Wu et al., 2012; Millings et al., 2015). Belangrijk in de effectiviteit lijken met name de opmerkzaamheid van sensoren en het gebruiksgemak. Ook binnen de gevonden artikelen zijn weinig objectieve resultaten gevonden die de inzet van biofeedback ondersteunen. Er wordt maar weinig gesproken over de effectiviteit. Waar effectiviteit wordt vastgesteld is het nog vaak met subjectieve vragenlijsten, terwijl biofeedback zich juist leent voor objectieve evaluatie (Tan et al., 2016). In vervolgonderzoek is het van belang dat er ook wordt gekeken naar de effectiviteit van de interventie om zo verder onderzoek te stimuleren en meer draagvlak te creëren, zowel voor investeringen in onderzoek als implementatie (Lehrer, 2017).

Conclusie

Draagbare biofeedback biedt kansen voor betere en uitgebreidere ambulante hulpverlening. De ontwikkeling hiervan staat echter nog in de kinderschoenen. Draagbare biofeedback wordt al veelvuldig ingezet binnen de medische wereld om meerdere fysieke problemen te behandelen. Technologisch kunnen er systemen worden ontworpen met de juiste kwaliteiten om biofeedback in te zetten binnen de geestelijke gezondheidszorg, er lijkt echter nog meer draagvlak te moeten worden gecreëerd. Ook is verdere ontwikkeling van de huidige prototypen nodig om tot goedwerkende en inzetbare interventies te kunnen komen, waarvan de effectiviteit vervolgens kan worden onderzocht. Hierbij is het van belang de context en toepassingsmogelijkheden mee te nemen. Het afleveren van werkende technologie betekent nog niet dat deze als interventie geïmplementeerd kan worden. Hierop lijken de huidige interventies zich echter wel op te richten. Toch is in de ontwikkeling van nieuwe interventies het design hiervan ook in grote mate van belang voor de effectiviteit en acceptatie. Zo is het belangrijk te kijken naar de gebruikersbehoeften, de gebruiker centraal te stellen in de ontwikkeling en hier ook nauw bij te betrekken.

Zeker bij mentaal kwetsbare groepen waar de risico's groter zijn wanneer een interventie niet effectief blijkt (Derks, Visser, Bohlmeijer & Noordzij, 2017). Op die manier kan biofeedback werkelijk zijn intrede doen in de GGZ en mensen met een psychische stoornis gaan ondersteunen met inzicht in en mogelijk verhoogde controle over hun fysiologische processen.

Bijlage

Technology readiness levels (TRL) Where a topic description refers to a TRL, the following definitions apply, unless otherwise specified:

- TRL 1 – basic principles observed
- TRL 2 – technology concept formulated
- TRL 3 – experimental proof of concept
- TRL 4 – technology validated in lab
- TRL 5 – technology validated in relevant environment (industrially relevant environment in the case of key enabling technologies)
- TRL 6 – technology demonstrated in relevant environment (industrially relevant environment in the case of key enabling technologies)
- TRL 7 – system prototype demonstration in operational environment
- TRL 8 – system complete and qualified
- TRL 9 – actual system proven in operational environment (competitive manufacturing in the case of key enabling technologies; or in space)

Referenties

- Al Osman, H., Eid, M., & El Saddik, A. (2014). U-biofeedback: A multimedia-based reference model for ubiquitous biofeedback systems. *Multimedia Tools and Applications*, 72(3), 3143-3168. doi:10.1007/s11042-013-1590-x
- Berntson, G. G., & Cacioppo, J. T. (2004). Heart rate variability: Stress and psychiatric conditions. In M. Malik & A. J. Camm (Eds.), *Dynamic electrocardiography* (pp. 57–64). New York: Blackwell/Futura.
- Browne, T. G. (2015). Biofeedback and Neurofeedback. In *Encyclopedia of Mental Health: Second Edition*. (pp. 170-177). San Francisco, United States: CA.
- Derks, Y.P.M.J., Visser, T., Bohlmeijer, E.T., & Noordzij, M.L. (2017). mHealth in Mental Health: how to efficiently and scientifically create an ambulatory biofeedback e-coaching app for patients with borderline personality disorder. *International Journal Human Factors and Ergonomics*, 5(1), pp 61-92 .
- Dickersin, K & Min, Y.I. (1993). NIH clinical trials and publication bias. *Online Journal of Current Clinical Trials*, Doc No.50.
- Driskell, J., & Johnston, J. (1998). “Stress exposure training,” In J. A. Cannon-Bowers & E. Salas (Eds.), *Making decisions under stress: Implications for individual and team training*. Washington, DC: *American Psychological Association*, pp. 191–217.
- European Commission (2014). Technology readiness levels (TRL). *Horizon 2020. Work Programme 2014-2015*.
- Frank, D. L., Khorshid, L., Kiffer, J. F., Moravec, C. S., & McKee, M. G. (2010). Biofeedback in medicine: Who, when, why and how? *Mental Health in Family Medicine*, 7(2), 85–91.
- Fletcher, R., Dobson, K., Goodwin, M., Eydgahi, H., Wilder-Smith, O., Fernholz, D., et al. (2010). iCalm: Wearable sensor and network architecture for wirelessly communicating and logging autonomic activity. *IEEE Transactions on Information Technology in BioMedicine*, 14(2), 215–223.
- Fletcher, R. R., Tam, S., Omojola, O., Redemske, R., & Kwan, J. (2011). Wearable sensor platform and mobile application for use in cognitive behavioral therapy for drug addiction and PTSD. Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference, 1802-1805.

- Gaggioli, A., Cipresso, P., Serino, S., Campanaro, D. M., Pallavicini, F., Wiederhold, B. K., & Riva, G. (2014). Positive Technology: A free mobile platform for the self-management of psychological stress. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 12, 25-29.
- Kelm, D. J., Ridgeway, J. L., Gas, B. L., Mohan, M., Cook, D. A., Nelson, D. R., & Benzo, R. P. (2018). Mindfulness Meditation and Interprofessional Cardiopulmonary Resuscitation: A Mixed-Methods Pilot Study. *Teaching and Learning in Medicine*, 1-11. doi: 10.1080/10401334.2018.1462186
- Khazan, I.Z. (2013). *The Clinical Handbook of Biofeedback: A Step-by-Step Guide for Training and Practice with Mindfulness*. John Wiley & Sons, Ltd., England: Chichester.
- Kikhia, B.B., Stavropoulos, T.G., Andreadis, S., Karvonen, N., Kompatsiaris, I., Sävenstedt, S., Pijl, M., & Melander, C. (2016). Utilizing a wristband sensor to measure the stress level for people with dementia. *Sensors*. 16.
- Kuijpers, E., Nijman, H., Bongers, I., Lubberding, M., & Ouwerkerk, M. (2012). Can mobile skin conductance assessments be helpful in signalling imminent inpatient aggression? *Acta Neuropsychiatrica*. 24, 56–59.
- Lehrer, P. M. (2017). Biofeedback: An important but often-ignored ingredient in psychotherapy. *Behavioral and Brain Sciences*, 4(1), 57-63.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lu, S.E., Eckberg, D. L., Edelberg, R., et al. (2003). Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow. *Psychosomatic Medicine*, 65(5), 796–805.
- Lehrer, P. M., & Woolfolk, R. L. (2007). Research on clinical issues in stress management. In Lehrer, P. M., Woolfolk, R. L., & Sime W. E. (Eds.), *Principles and practice of stress management* (3rd ed., pp. 703–721). NY: Guilford.
- Meuret, A.E., Wilhelm, F.H., Ritz, T., & Roth, W.T. (2008). Feedback of end-tidal pCO₂ as a therapeutic approach for panic disorder. *Journal of Psychiatric Research*, 42, 560-568.
- Meuret, A.E., Rosenfield, D., Hofmann, S.G., Suvak, M.K., & Roth, W.T. (2009) Changes in respiration mediate changes in fear of bodily sensations in panic disorder. *Journal of Psychiatric Research*, 43, 634-641.
- Millings, A., Morris, J., Rowe, A., Easton, S., Martin, J. K., Majoe, D., & Mohr, C. (2015). Can the effectiveness of an online stress management program be augmented by wearable sensor technology? *Internet Interventions*, 2(3), 330-339. doi:10.1016/j.invent.2015.04.005

- Moynihan, J.E., & Gevirtz, R.N. (2001) Respiratory and cognitive subtypes of panic: preliminary validation of Ley's model. *Behavior Modification*, 25, 555.
- Parnandi, A., & Gutierrez-Osuna, R. (2015). Physiological modalities for relaxation skill transfer in biofeedback games. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, PP(99). doi:10.1109/JBHI.2015.2511665
- Picard, R.W. (2010). Emotion research by the people, for the people. *Emotion Review*, 2.
- Pluess, M., Conrad, A., & Wilhelm, F.H. (2009). Muscle tension in generalized anxiety disorder: a critical review of the literature. *Journal of Anxiety Disorders*, 23(1), 1-11.
- Porges, S. W. (2007). The polyvagal perspective. *Biological Psychology*, 74, 116–143.
- Ratti, E., Waninger, S., Berka, C., Ruffini, G., & Verma, A. (2017). Comparison of Medical and Consumer Wireless EEG Systems for Use in Clinical Trials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11. 1-7. doi: 10.3389/fnhum.2017.00398
- Reiner, R. (2008). Integrating a portable biofeedback device into clinical practice for patients with anxiety disorders: results of a pilot study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 33, 55–61.
- Serino, S., Cipresso, P., Gaggioli, A., Pallavicini, F., Cipresso, S., Campanaro, D., & Riva, G. (2014). Smartphone for self-management of psychological stress: A preliminary evaluation of positive technology app. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 19(3), 253-260.
- Tan, G., Shaffer, F., Lyle, R., & Teo, I. (2016). Evidence-based practice in biofeedback and neurofeedback (3rd ed.). Wheat Ridge, CO: Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback.
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement Science Review*, 2, 1-11.
- Tetlay, A., & John, P. (2009). Determining the Lines of System Maturity, System Readiness and Capability Readiness in the System Development Lifecycle. *7th Annual Conference on System Engineering Research (CSER)*. UK: Cranfield University.
- Tillotson, J. (2017). Emotionally responsive wearable technology and stress detection for affective disorders. *Psychiatria Danubina*, 29, S604-S606.
- Veehof, M. M., Trompetter, H. R., Bohlmeijer, E. T., & Schreurs, K. M. (2016). Acceptance- and mindfulness-based interventions for the treatment of chronic pain: A meta-analytic review. *Cognitive Behaviour Therapy*, 45, 5-31.

- Wu, W., Gil, Y., & Lee, J. (2012). Combination of wearable multi-biosensor platform and resonance frequency training for stress management of the unemployed population. *Sensors (Switzerland)*, 12(10), 13225-13248. doi:10.3390/s121013225
- Yucha, C., & Montgomery, D. (2008) *Evidence-Based Practice in Biofeedback and Neurofeedback*. Wheat Ridge: Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback.