

Seeing emotion: Studies on the processing of facial expressions in normal development and young children with autism

Citation for published version (APA):

Vlamings, P. H. J. M. (2009). *Seeing emotion: Studies on the processing of facial expressions in normal development and young children with autism*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20090604pv>

Document status and date:

Published: 01/01/2009

DOI:

[10.26481/dis.20090604pv](https://doi.org/10.26481/dis.20090604pv)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

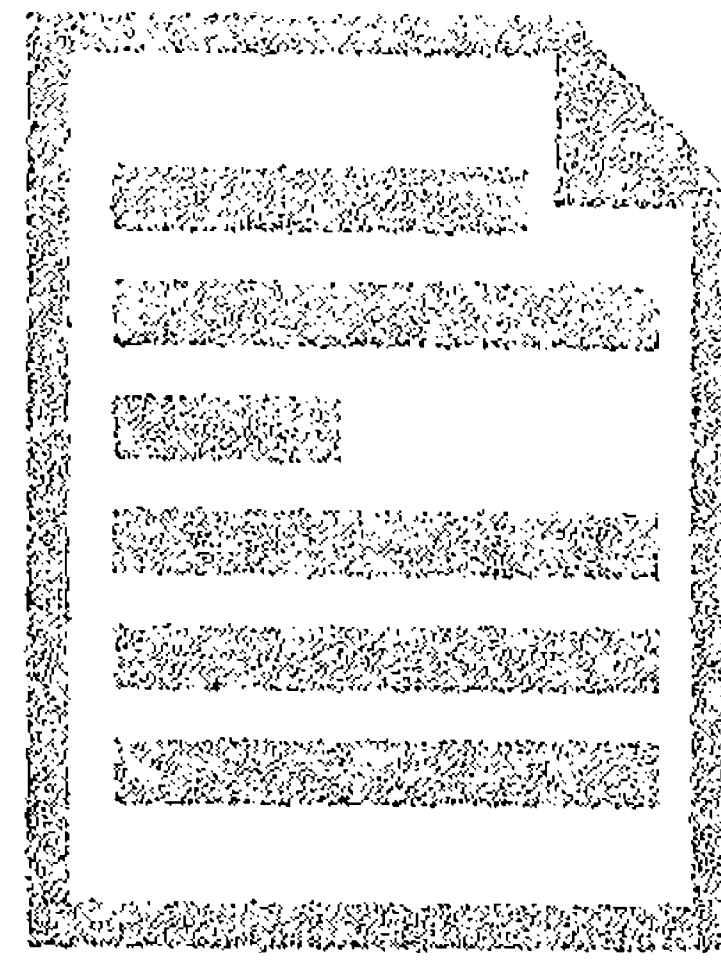
Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Summary



Chapter 6

Rapidly perceiving the emotional content of a face is an important skill for successful social behavior, since it helps to evaluate the states and intentions of others and to adapt future behavior. One of the ways in which the visual system captures environmental information, like facial expressions, is in terms of luminance variations (light-dark transitions) across space. High spatial frequencies (HSF) represent abrupt, small luminance changes, corresponding to sharp edges and fine perceptual detail. Low spatial frequencies (LSF), on the other hand, represent global changes in luminance, and provide information about the general shape, proportions and large contours of objects in our visual environment. Several studies in adults have indicated that LSF play an important role in the rapid processing of facial expressions. Some studies have proposed a rapid sub-cortical face processing pathway, which is preferentially tuned to LSF and modulates activity in visual areas to provide early signals of emotional expressions, for example threat.

This perceptual side of facial expression processing is often overlooked, and is hardly taken in consideration when studying the development of normal and abnormal processing of facial expressions. The experiments described in this thesis, among others, address whether there are developmental differences in the type of spatial frequency information that is important for facial expression processing across childhood. In addition, the experiments examine whether abnormalities in spatial frequency processing are present in young children with Autism Spectrum Disorder (ASD) and whether this is related to abnormal facial expression processing in this group. It is important to look at this since facial expressions form an important basis for communicative and social development early in life when language is relatively immature.

Chapter 1 of this thesis provides an introduction to the main theoretical and methodological aspects of SF and facial expression processing. Thereafter, the experimental chapters follow which investigate a) whether there are developmental differences in the type of spatial frequency information, HSF and/or LSF, that is important for facial expression processing in typically developing children (3-8 years) (chapter 2) b) whether abnormalities in SF processing are present in young children with Autism Spectrum Disorder (ASD) and whether they contribute to abnormalities in facial expressions processing (chapter 3) c) some issues on the role of SF in facial expression processing in adults, especially the effect of luminance/contrast equalization in SF contributions to facial expression processing (chapter 4) d) another aspect of ASD, i.e. problems in self monitoring in school age children with ASD (chapter 5). To address these questions Event Related brain Potentials (ERPs) were used, a technique that it is well suited to study early influences of for example emotion and SF on processing in the (visual) brain. In chapter 6, the findings of the studies in the different chapters are linked and discussed in light of the background literature.

An integration of the results from chapter 2 and 3 shows that there are developmental differences in the type of information that serves the early processing of emotional expressions in the visual brain. Possibly because, the ability to resolve HSF is not yet mature at the age of 3-4 years, relevant emotional cues cannot be rapidly resolved from HSF, and as a consequence the processing of emotion is based on LSF in the first stage of facial expression processing that was measured. At a later processing stage, emotion processing is driven by HSF in 3-4 year-olds. In older children (5-8 years), at which age the ability to resolve HSF information is fully mature, emotional processing was primarily driven by HSF at both early and late processing stages. However, still the pattern that is seen in adults has not been reached at this age. That is, in adults emotional expression processing, as reflected by both early and later ERP peak is primarily based on LSF (see chapter 5). We suggested that the shift to LSF with age might be related to an increase in face expertise across child development. On the other hand it might be related to developmental differences in the visual system and/or parts of the brain that are involved in the processing of emotion. Future studies should be aimed at further investigating when the processing of emotion starts to be primarily based on LSF and what the underlying mechanism behind this developmental effect is. A better understanding of the normal development might contribute to a better comprehension of developmental disorders like autism, in which difficulties in facial expression processing as well as SF processing have been found.

The studies described in chapter 3 indicate that, compared to typically developing children, young children with ASD (3-4 years) show a basic abnormality in visual processing, more specifically enhanced processing of HSF, which is also reflected in the processing of emotional signals captured in faces. Abnormalities in SF processing have been reported before in older children and adults with ASD and have been related to the often reported detailed processing style in ASD. For the first time, we indicate that enhanced processing of HSF is already present early in life in ASD and that it influences face processing. The exact mechanism behind this is as yet unclear but could be related to several neural mechanisms, such as a more developed parvocellular system, abnormalities in visual cortical areas (e.g. neuronal tuning to a higher range of SFs), or abnormalities at the retinal level. Future studies (possibly in even younger age groups) should be aimed at further investigating the potential involvement of these different brain mechanisms. Furthermore, future studies should investigate whether the enhanced processing of HSF influences the type of visual objects the child with autism naturally attends to and whether it is responsible to the decreased face orienting in ASD.

The study described in chapter 4 clearly shows that differences in luminance and contrast between HSF and LSF images, which are a consequence of the filtering procedure, do not explain the dominance of LSF in an early stage of emo-

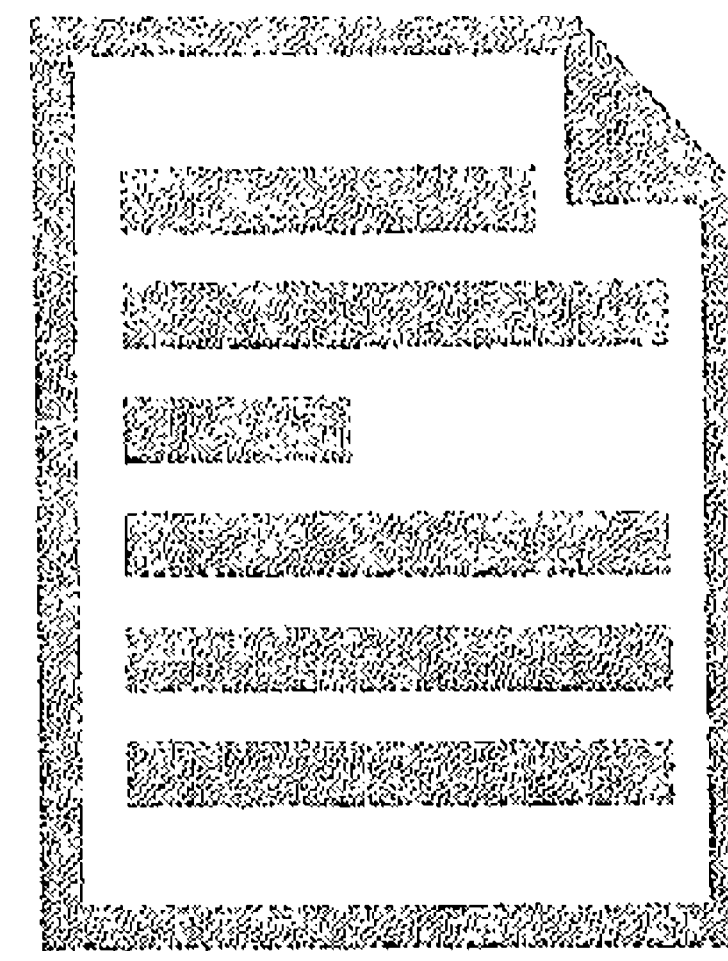
Chapter 6

tion processing in the visual brain (reflected in N170) in adults. However, with respect to the initial stage of processing that was measured (at the P1), results are less clear. Future studies aimed at investigating the role of SF in face processing should take this into account.

In chapter 5, another aspect of ASD was addressed. Besides abnormalities in visual processing, people with ASD show deficits in areas of functioning that involve higher order processing, for example in self-monitoring, a function that is important for social development. We indicated reduced involvement of the ACC region during self-monitoring, more specifically during the processing of erroneous responses, in school age children with ASD. In addition, an absence of change in behavioral strategies after the commission of an error was found. This relates well to the inflexible and sometimes repetitive behavior that is often seen in ASD.

The results of the studies on low level visual processing (chapter 3) as well as higher order processing (chapter 5) in ASD relate well to recent models which suggest that low-level perceptual processing is abnormally enhanced in ASD relative to high-level cognitive processes, making automatic perceptual processes more difficult to control by top-down mechanisms and thus more likely to supersede or interfere with higher cognitive processes. As a next step, future studies could be aimed at investigating integrating the different abnormalities that have been found in ASD. For example, by investigating whether there is a direct relation between enhanced low-level (visual) and diminished higher order processing in ASD. Taking such a perspective is also important when studying normal development (e.g. visual or emotional) to better understand how certain brain areas and their corresponding functions develop in relation to each other. Combining different research methods (e.g. EEG and fMRI) and the use of functional connectivity analyses open up new possibilities and may play an important role in this.

Samenvatting



Samenvatting

Het snel waarnemen van gezichtsuitdrukkingen is belangrijk voor succesvolle sociale interacties. Een gezicht vertelt iets over de toestand waarin een ander verkeert en de intenties die een persoon heeft. Op basis daarvan kunnen toekomstige interacties en handelingen worden afgestemd.

Informatie, die via onze ogen het visueel systeem binnenkomt, is erg complex. Een van de manieren waarop het visuele systeem binnenkomende informatie uit de omgeving (zoals gezichtsuitdrukkingen) verwerkt, is op basis van veranderingen in luminantie; overgangen tussen licht en donker. Laag spatiële frequenties (LSF) representeren grote overgangen tussen licht en donker en verstrekken informatie over de globale vorm, proporties en contouren van objecten in de omgeving. Hoog spatiële frequenties (HSF) daarentegen representeren abrupte, kleine luminantie veranderingen, ofwel fijne details uit de visuele omgeving. Verschillende studies hebben aangetoond dat LSF informatie (globale informatie, zoals de contouren van een gezicht) van belang is voor de snelle verwerking van gezichtsuitdrukkingen. Sommige studies veronderstellen dat er een snelle subcorticale route is in het brein, die speciaal is afgestemd op LSF informatie en die zorgt voor een snelle modulatie van corticale activiteit zodat signalen van bijvoorbeeld dreiging snel kunnen worden afgegeven.

Het is opmerkelijk dat vaak voorbij wordt gegaan aan het perceptuele aspect van de verwerking van gezichtsuitdrukkingen. Dit aspect wordt nauwelijks in acht genomen in studies naar de normale en abnormale ontwikkeling van de verwerking van gezichtsuitdrukkingen. De experimenten in dit proefschrift bestuderen onder andere of voor kinderen, het type visuele informatie (LSF en/of HSF) dat van belang is voor de verwerking van gezichtsuitdrukkingen, verandert tijdens de ontwikkeling in de kindertijd. Daarnaast is het doel van de experimenten om te onderzoeken of jonge kinderen met een Autisme Spectrum Stoornis (ASS) afwijkingen vertonen in de verwerking van HSF en/of LSF informatie. Ook wordt bekeken of eventuele afwijkingen in SF verwerking zich weerspiegelen in de verwerking van emotionele gezichtsuitdrukkingen in ASS. Het is belangrijk dit laatste te bestuderen omdat gezichtsuitdrukkingen een belangrijke basis vormen voor communicatieve en sociale ontwikkeling, waarin kinderen met ASS achterblijven bij leeftijdsgenoten.

Hoofdstuk 1 vormt een introductie tot de belangrijkste theoretische en methodologische aspecten van SF en de verwerking van gezichtsuitdrukkingen. Na hoofdstuk 1 volgen de experimentele hoofdstukken die studies beschrijven die:

- a) onderzoeken of voor normaal ontwikkelende kinderen (3-8 jaar) het type visuele informatie (HSF en/of LSF) dat van belang is voor de verwerking van gezichtsuitdrukkingen verandert tijdens de ontwikkeling (hoofdstuk 2).
- b) onderzoeken of kinderen met ASS, afwijkingen vertonen in de verwerking van HSF en/of LSF informatie en of eventuele afwijkingen zich weerspiegelen in de verwerking van emotionele gezichtsuitdrukkingen (hoofdstuk 3).

- c) in een groep volwassenen, een aantal technische aspecten belichten, die gerelateerd zijn aan de rol van SF in de verwerking van emotionele gezichtsuitdrukkingen. Daarbij gaat het specifiek om de invloed van luminantie- en contrastvereffening op de bijdrage van SF aan de verwerking van gezichtsuitdrukkingen (hoofdstuk 4).
- d) een ander aspect van de ASD problematiek belichten, namelijk afwijkingen in het letten op en evalueren van eigen acties (ook wel zelf-monitoring genoemd), in een groep schoolkinderen met ASS.

Tot slot worden in hoofdstuk 6, de bevindingen van de studies uit de verschillende hoofdstukken besproken in relatie tot de achtergrondliteratuur.

Het combineren van de resultaten van hoofdstuk 2 en 3 geeft aan dat er ontwikkelingsverschillen zijn in het type informatie dat van belang is voor de verwerking van gezichtsuitdrukkingen tijdens de eerste stadia van de visuele verwerking in het brein. In tegenstelling tot de oudere kinderen werd door de jongste groep kinderen (3-4 jaar) in het eerste stadium van de visuele verwerking emotionele informatie niet verwerkt op basis van HSF, mogelijk omdat kinderen op deze leeftijd HSF nog niet voldoende kunnen waarnemen. Verwerking van emotie door 3-4 jarigen vond in dit stadium plaats op basis van LSF. De waarneming van LSF is al wel voldoende ontwikkeld op deze leeftijd. Contrasterend met het eerste stadium werden, in een later stadium van de visuele verwerking, emotionele expressies wel verwerkt op basis van HSF door de 3-4 jarigen. In de groep oudere kinderen (5-8 jaar), vond de verwerking van emotie plaats op basis van HSF in zowel de vroege als late stadia van visuele verwerking. Het volwassen patroon, verwerken van gezichtsuitdrukkingen op basis van LSF in zowel vroege als latere stadia (zie hoofdstuk 5), lijkt nog niet bereikt te zijn in de leeftijdsgroepen die onderzocht zijn in de huidige studie. In hoofdstuk 6 wordt gesteld dat een verschuiving naar LSF informatie met leeftijd mogelijk gerelateerd kan zijn aan toenemende expertise met gezichtsuitdrukkingen. Aan de andere kant is het ook mogelijk dat een dergelijke verschuiving gerelateerd is aan de ontwikkeling van het visuele en/of andere delen van het brein, die betrokken zijn bij de verwerking van emotie. Vervolgstudies moeten hier verder inzicht in geven.

De studies uit hoofdstuk 3 laten voor het eerst een basale afwijking in de verwerking van visuele informatie zien in kinderen met ASS (3-4 jaar). Dat wil zeggen, uit de resultaten blijkt dat kinderen met ASS HSF informatie versterkt verwerken en dit is ook zichtbaar in de verwerking van gezichtsuitdrukkingen. Afwijkingen in SF verwerking zijn eerder waargenomen bij oudere kinderen en volwassenen met ASS en worden gerelateerd aan de detaillistische informatieverwerkingsstijl die vaak wordt gevonden bij mensen met ASS. In de studies in hoofdstuk 3 wordt voor het eerst aangetoond, dat het versterkt verwerken van HSF al op jonge leeftijd aanwezig is in ASS en dat dit ook terugkeert in de verwerking van gezichten. Op basis van de huidige studies is het niet mogelijk het

Samenvatting

mechanisme hierachter te duiden, het zou gerelateerd kunnen zijn aan een beter ontwikkeld parvocellulair systeem, maar ook aan afwijkingen in de visuele cortex (bijvoorbeeld neuronale tuning tot een hogere range SFs), of abnormaliteiten op het niveau van de retina. Vervolgstudies (mogelijk in jongere leeftijdsgroepen) moeten de betrokkenheid van deze mechanismen verder uitwijzen. Daarnaast dienen toekomstige studies te onderzoeken of de gevonden afwijking in SF verwerking het kijkgedrag van kinderen met ASS beïnvloedt en of het verantwoordelijk is voor het gereduceerd kijken naar gezichten waardoor ASS gekenmerkt wordt.

Hoofdstuk 4 geeft aan dat in volwassenen de dominantie van LSF in een vroeg stadium van de visuele verwerking (N170) van gezichtsuitdrukkingen niet verklaard kan worden door verschillen in luminantie en contrast tussen HSF en LSF afbeeldingen. Verschillen in contrast en luminantie lijken wel een rol te spelen in een eerder stadium van dat gemeten werd (P1). Toekomstige studies die gericht zijn op het onderzoeken van de rol van SF in de verwerking van gezichts-informatie dienen hier rekening mee te houden.

In hoofdstuk 5, wordt een ander aspect van de ASS problematiek belicht. Naast afwijkingen in de verwerking van visuele informatie vertonen mensen met ASS deficiënties in meer complexe, hoge orde processen, bijvoorbeeld in zelf-monitoring, een functie die belangrijk is voor sociale ontwikkeling. De resultaten van de studie uit hoofdstuk 5 tonen een reductie in activiteit in de regio van de Anterior Cingulate Cortex (ACC) in schoolkinderen met ASS tijdens zelf-monitoring. Ook werd gevonden dat kinderen met ASS gedrag niet aanpassen na het maken van een fout, hetgeen ook duidt op verminderde zelf-monitoring. De resultaten van dit hoofdstuk passen bij het inflexibele en soms repetitieve gedrag dat voorkomt in ASS.

Zowel de resultaten van de studies naar lage orde visuele verwerking (hoofdstuk 3) als studies naar hoge orde processen (hoofdstuk 5) passen bij recente modellen die veronderstellen dat lagere orde visuele processen versterkt zijn in ASS ten opzichte van hogere orde cognitieve processen. Verondersteld wordt dat hierdoor automatische visuele processen in ASS moeilijker gecontroleerd kunnen worden door middel van top-down, hoge orde controle processen. Automatische visuele processen kunnen hierdoor interfereren met hoge orde processen. Vervolgonderzoek dient zich te richten op integratie van de verschillende afwijkingen die gevonden zijn in ASS. Bijvoorbeeld door te onderzoeken of er een directe relatie is tussen versterkte lage orde (visuele) en verminderde hoge orde verwerking in ASS. Een dergelijk perspectief is ook belangrijk voor studies naar de normale ontwikkeling (bijvoorbeeld op visueel of emotioneel gebied), met het doel een beter inzicht te vergaren over hoe bepaalde hersengebieden en bijbehorende functies zich ontwikkelen in relatie tot elkaar. Het combineren van verschillende onderzoeksmethoden (bijvoorbeeld EEG en fMRI) en het gebruik van functionele connectiviteits-analyses creëert nieuwe mogelijkheden en zou hier een belangrijke rol in kunnen spelen.