

Wetenschappelijke doorbraken de klas in!

Typisch Nederlands, Elkaar begrijpen en Het oog

Jan van Baren-Nawrocka, Sanne Dekker & Marieke Peeters (red.)

Hoofdstuk 5: Het oog en wat er mis kan gaan



Jan van Baren-Nawrocka, Sanne Dekker & Marieke Peeters (redactie)



wetenschapsknooppunt
Radboud Universiteit



Colofon

Hoofdredactie: drs. Jan van Baren-Nawrocka, dr. Sanne Dekker & dr. Marieke Peeters

Copy-editing: Ingrid van Hoorn

Opmaak: Ferdie Westen

Druk en afwerking: Drukkerij Efficiënt Nijmegen

Eerste druk, januari 2016

ISBN: 978-90-818461-4-1

NUR-code: 190

Wilt u een exemplaar bestellen?

Ga naar: www.wkru.nl/boek

Uitgave:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Heyendaalseweg 135 – postvak 77

Postbus 9010

6500 GL Nijmegen

Nederland

E-mail: infowkru@ru.nl

Telefoon: 024 366 72 22

Internet: www.wkru.nl; www.wetenschapdeklasin.nl



2016 Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit

Dit werk is gelicenseerd onder de licentie Creative Commons Naamsvermelding-GelijkDelen 4.0 Internationaal.

Ga naar <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.nl> om een kopie van de licentie te kunnen lezen.

Voor afbeeldingen gelden andere licentievoorwaarden; zie foto- en illustratieverantwoording achterin dit boek (p. 166).

Hoofdstuk 5. Het oog en wat er mis kan gaan

Dit hoofdstuk beschrijft de uitvoering van een project over het oog. Het hoofdstuk bestaat uit twee delen. Paragraaf 5.1 vormt de inhoudelijke voorbereiding voor leraren die met dit thema aan de slag willen gaan. Deze paragraaf gaat inhoudelijk in op de werking van het oog en op maculadegeneratie, een vooral bij ouderen veel voorkomende oogafwijking. Ook komt in deze paragraaf aan bod hoe de betrokken onderzoekers onderzoek doen naar maculadegeneratie.

Paragraaf 5.2 beschrijft, aan de hand van de zeven stappen van het onderzoekend leren, hoe dit project op drie niveaus in de klas kan worden uitgevoerd. Er is voor gekozen om in dit project ook andere oogaandoeningen aan bod te laten komen. Waar nodig staat hierover korte informatie bij de activiteiten zelf. Bij de uitvoering van het project vormt Hoofdstuk 2, waarin de algemene leidraad van de zeven stappen is beschreven, de basis. Van daaruit wordt verwezen naar de verschillende inhoudelijke hoofdstukken. We raden dan ook aan om Hoofdstuk 2 als uitgangspunt te nemen bij de uitvoering van een project in de klas.

Projectteam 'Het oog'

Dit hoofdstuk is gebaseerd op een project waarin onderzoekers van het Radboudumc samenwerkten met scholen en het WKRU. Projectteam Het oog bestond uit de volgende personen:

Radboudumc

Anneke den Hollander (hoogleraar Moleculaire oogheelkunde), Carel Hoyng (hoogleraar Maculadegeneratie en oogarts), Eiko de Jong (docent Oogheelkunde), Eveline Kersten (promovenda Oogheelkunde). Allen werken op de afdeling Oogheelkunde van het Radboudumc.

Scholen

Basisschool de Gazelle, Arnhem: Bart Lemans (leraar), Esther van Dalen (opleider in de school), Roeline Slot (lerares), Chantal van der Giessen (stagiaire HAN Pabo), Ian Nijland (stagiair HAN Pabo)
Basisschool de Tuimelaar, Westervoort: Fred Jansen (leraar), Maarten Weenk (stagiair HAN Pabo)

WKRU

Jan van Baren-Nawrocka (projectleider), Josje Dinghs (stagiaire RU onderwijskunde)

5.1 Slechthziendheid en blindheid bij oudere mensen

Prof. dr. Anneke den Hollander, prof. dr. Carel Hoyng, dr. Eiko de Jong, Eveline Kersten MSc.

Inleiding

Veel oudere mensen gaan in de loop van de tijd heel slecht zien of worden zelfs helemaal blind. De belangrijkste oorzaak van deze ernstige slechthziendheid en blindheid bij oudere mensen is leeftijdsgebonden maculadegeneratie. Bij mensen met deze oogafwijking gaat het centrale deel van het zicht, waarmee we scherp zien, langzaam achteruit. Hierdoor gaat men wazig zien en kan er in het midden van het gezichtsveld een vlek ontstaan die zich langzaam uitbreidt (zie afbeelding).



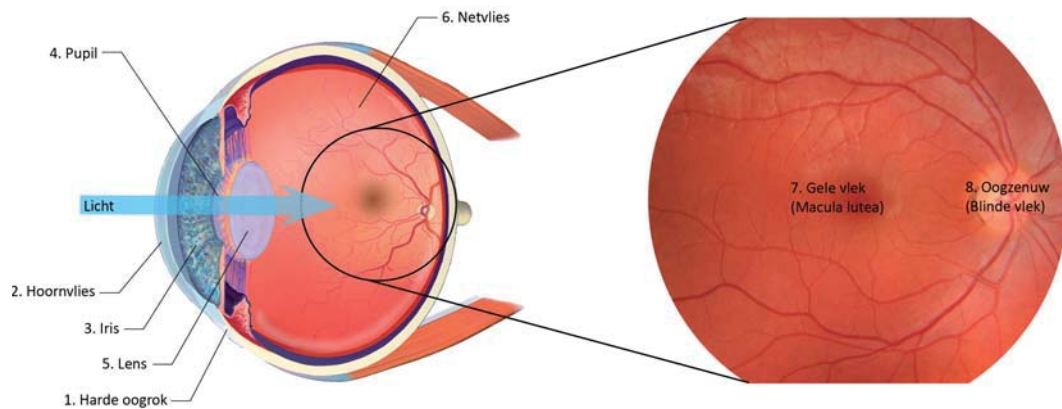
Op de linkerfoto staat afgebeeld wat een gezond persoon ziet. Rechts zie je hetzelfde beeld, maar dan door de ogen van iemand met leeftijdsgebonden maculadegeneratie; het beeld is minder scherp, de kleuren zijn vager en het midden van het beeld is verdwenen. De medische term hiervoor is centraal scotom.

Ongeveer 10% van de mensen ouder dan 70 en 15% van de mensen ouder dan 80 jaar krijgt leeftijdsgebonden maculadegeneratie. Omdat we steeds ouder worden, zal het aantal mensen dat hiermee te maken krijgt de komende jaren enorm stijgen. Onderzoek naar de oorzaak van deze oogafwijking is daarom heel belangrijk.

Wat is leeftijdsgebonden maculadegeneratie?

Leeftijdsgebonden maculadegeneratie is een oogafwijking. Om uit te kunnen leggen wat het precies is, is het belangrijk om eerst meer over het oog te weten.

Hoewel het oog in eerste instantie misschien een eenvoudige bol lijkt, bestaat het uit veel kleine onderdelen (zie afbeelding). De buitenkant van het oog bestaat voor een groot deel uit de harde oogrok (1); dat is het witte deel van het oog en zorgt voor stevigheid en bescherming. Het doorzichtige stuk in het midden van de harde oogrok is het gedeelte waar wij doorheen kijken; dit deel wordt het hoornvlies (2) genoemd. Het gekleurde deel van het oog achter het hoornvlies noemen we het regenboogvlies ofwel de iris (3). Door de zwarte opening in het midden van de iris komt licht het oog binnen. Deze opening heet de pupil (4). De iris zorgt ervoor dat er niet te veel, maar ook niet te weinig licht in het oog valt door de pupil te verkleinen of te vergroten. In het donker wordt de pupil daarom groter en in het licht wordt hij kleiner. Dit gaat helemaal automatisch en noemen we de pupilreflex. Achter de iris bevindt zich de lens (5). Die zorgt ervoor dat het beeld scherp op het netvlies (6) valt. De lens kan bollen en platter worden: als de lens zich bol maakt, kunnen we dichtbij goed zien en als de lens platter wordt kunnen we juist veraf scherp zien.



Doorsnede van een oog (links) en een foto van het netvlies (rechts). De nummers verwijzen naar de uitleg in de tekst.

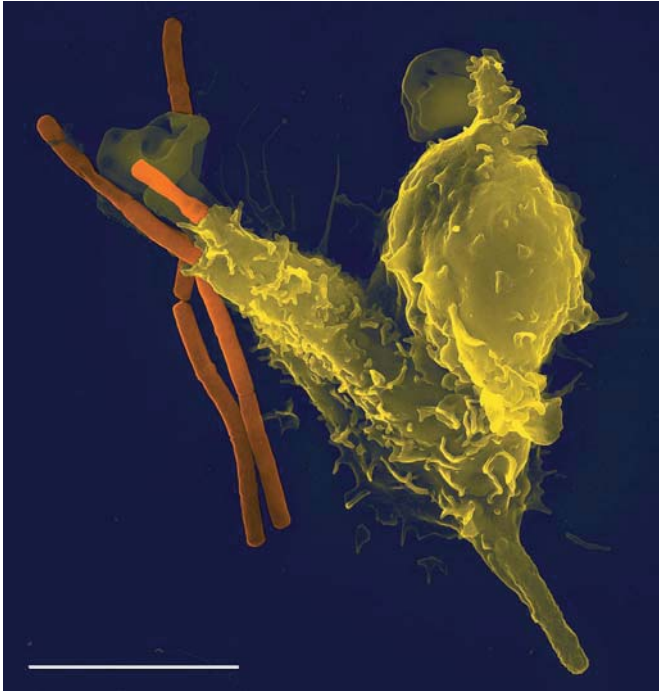
De binnenzijde van het oog wordt bekleed door het netvlies. De oogarts kan het netvlies bekijken met een speciale camera; dit kun je zien op de vergroting in de afbeelding. Het netvlies bestaat uit miljoenen verschillende typen lichtgevoelige cellen. Sommige lichtgevoelige cellen zien zwart-wit contrasten, deze noemen we staafjes, andere zien kleur, deze cellen noemen we kegeltjes. Staafjes en kegeltjes vangen het beeld op en geven het via de oogzenuw (8) door aan onze hersenen. Op de plaats van de oogzenuw bevinden zich geen lichtgevoelige cellen en kun je dus niets zien, daarom wordt dit ook wel de blinde vlek genoemd. De staafjes liggen vooral aan de zijkanten van het netvlies, de kegeltjes liggen vooral in het midden. Precies in het middengedeelte van het netvlies ligt een gebiedje waarin ongelooflijk veel kegeltjes liggen, zo'n 200.000 kegeltjes per vierkante millimeter. Dit gebied heet de gele vlek (7), de medische term ervoor is macula lutea. Omdat er in dat kleine gebiedje zoveel kegeltjes liggen, kunnen we met dit gebied heel scherp zien. Bij mensen met leeftijdsgebonden maculadegeneratie raakt de gele vlek echter beschadigd en gaat het scherpe zien verloren.

De macula is dus de gele vlek en het woord degeneratie betekent 'afbreken', 'stukgaan' of 'verslijten'. Oudere mensen krijgen deze aandoening vaker dan jongere mensen, daarom noemen we het een leeftijdsgebonden ziekte. De ziekte die wij bestuderen gaat dus over blind worden als gevolg van de gele vlek die langzaam stuk gaat.

Rol van het afweersysteem

Dat de gele vlek langzaam stukgaat heeft te maken met het afweersysteem. Het afweersysteem herkent in gezonde mensen bacteriën, virussen en andere indringers die niet in het lichaam thuis horen. Op het moment dat het afweersysteem deze indringers herkent wordt het actief en gaat het deze indringers aanvallen. Als eenmaal alle bedreigingen zijn opgeruimd, dan moet het afweersysteem ook weer worden uitgezet. Want als dat niet gebeurt, bestaat het risico dat het lichaamseigen cellen aanvalt. Om dit te voorkomen wordt het afweersysteem heel zorgvuldig afgeremd. Deze rem is bij patiënten met leeftijdsgebonden maculadegeneratie vaak verstoord, waardoor lichaamseigen cellen in de gele vlek worden aangevallen. Dit is één van de oorzaken van leeftijdsgebonden maculadegeneratie.

Het oog en wat er mis kan gaan



Microscopische opname van een afweercel (neutrofiële granulocyt, geel) die een ziekteverwekker (Bacillus anthracis of miltvuurbacterie, oranje) aanvalt.

Foutjes in het DNA

Leeftijdsgelaten maculadegeneratie is voor een groot deel erfelijk. Daarom doen wij genetisch onderzoek bij families waarin deze aandoening veel voorkomt. In ons onderzoek vergelijken we het erfelijk materiaal van mensen met leeftijdsgelaten maculadegeneratie met dat van gezonde personen. Hierdoor zijn wij een belangrijke erfelijke oorzaak voor deze oogafwijking op het spoor gekomen. We hebben laten zien dat bij sommige mensen 'foutjes' in het erfelijk materiaal aanwezig zijn die een groot risico geven op het ontwikkelen van leeftijdsgelaten maculadegeneratie. Dergelijke 'foutjes' in het erfelijk materiaal heten mutaties (zie kader "Erfelijk materiaal (DNA) en mutaties"). Sommige van deze mutaties komen vrijwel uitsluitend voor bij mensen die later de ziekte krijgen. Uit ons onderzoek is gebleken dat deze mutaties vaak leiden tot een ontregeld afweersysteem. Bij patiënten met leeftijdsgelaten maculadegeneratie bleek een mutatie aanwezig in het gen van één van de belangrijkste moleculaire remmers van het afweersysteem (het eiwit CFI). Patiënten die deze mutatie hebben, hebben 22 keer zoveel kans op de aandoening dan de mensen zonder deze mutatie. Dankzij deze ontdekking op genetisch niveau zijn we te weten gekomen dat maculadegeneratie mede het gevolg is van een overactief afweersysteem. Toen we met deze gegevens verder onderzoek deden, konden we laten zien dat het afweersysteem in het bloed van deze patiënten inderdaad overactief is.

Betere behandeling dankzij ons onderzoek?

Met deze kennis kunnen we nu patiënten, maar ook jonge mensen gericht informeren over hun risico op leeftijdsgelaten maculadegeneratie. Als ze een hoog risico lopen, kunnen we gerichte adviezen

geven wat betreft voeding en leefgewoonten. Maar naast erfelijke factoren spelen ook slechte leefgewoonten, zoals roken en een slecht dieet een rol. Door te stoppen met roken of door de juiste voedingsstoffen binnen te krijgen kan het risico tot wel 30% afnemen of kan het proces van de ziekte aanzienlijk worden vertraagd.

Door het onderzoek begrijpen we ook beter welke processen betrokken zijn bij het ontstaan van leeftijdsgebonden maculadegeneratie. We begrijpen nu dat het eigen afweersysteem een rol speelt, ook al snappen we nog niet hoe dat precies in zijn werk gaat. Een beter begrip van het ontstaan van de ziekte vormt de basis voor de ontwikkeling van mogelijke behandelingen. Dit is belangrijk omdat er op dit moment nog geen goede behandeling van leeftijdsgebonden maculadegeneratie beschikbaar is. Nu wordt onderzocht of behandelingen die het afweersysteem remmen ook het ontstaan van leeftijdsgebonden maculadegeneratie tegengaan. Deze behandelingen remmen het afweersysteem in het oog af door oogdruppels toe te dienen. De achterliggende gedachte hierbij is dat zich minder schadelijke effecten in het kwetsbare weefsel zullen ophopen als de activiteit van het afweersysteem ter plekke wordt geremd. Door het beperken van de schadelijke opeenhoping kan de ontwikkeling van de ziekte worden vertraagd, of misschien zelfs helemaal worden tegengegaan.



Prof. dr. Anneke den Hollander

Heel veel eigenschappen van de mens zijn erfelijk en ik denk dat ook 'onderzoekers-genen' erfelijk kunnen zijn. Mijn vader was namelijk ook onderzoeker en zijn passie voor wetenschappelijk onderzoek heeft hij aan mij doorgegeven. Als kind was ik al geïnteresseerd in de werking van het menselijk lichaam. Ik ben daarom Biomedische Wetenschappen gaan studeren, een studierichting waarin je veel leert over het menselijk lichaam, in ziekte en gezondheid. Je wordt tijdens deze studie opgeleid om onderzoeker te worden; je leert onderzoeksvragen te formuleren en hoe deze te beantwoorden. Tijdens een onderzoeksstage maakte ik kennis met genetica, de leer van de erfelijkheid. Ik raakte gefascineerd door ons erfelijk materiaal en zag hoe er door een klein 'foutje' in het DNA heel veel mis kan gaan in het lichaam. Na mijn studie kreeg ik de kans om onderzoek te doen naar erfelijke blindheid. Ik ging op zoek naar 'foutjes' in het DNA van kinderen die al kort na de geboorte blind worden. Er bleek voor hun aandoening geen behandeling te zijn; we konden niet voorkomen dat ze blind zouden worden. Ook voor veelvoorkomende vormen van blindheid, zoals leeftijdsgebonden maculadegeneratie, bleek geen goede behandeling beschikbaar. Daar wilde ik iets aan doen. Door mijn onderzoek wil ik begrijpen waarom mensen blind worden en vooral wat we kunnen doen om die blindheid te voorkomen. Doordat ik nauw samenwerk met oogarts Carel Hoyng hoop ik met onze onderzoeksresultaten patiënten echt te kunnen helpen en in de toekomst zelfs te kunnen voorkomen dat mensen blind worden.



Prof. dr. Carel Hoyng

Tot mijn 12^e wilde ik diepzeeduiker worden. Ik was gefascineerd door films op televisie waarin diepzeeduikers onder water overal ter wereld nieuwe ontdekkingen deden. Vanaf mijn 12^e wilde ik dokter worden, waarschijnlijk omdat een oom die dokter was er heel boeiend over vertelde. Maar ik was op school ook heel geïnteresseerd in biologie en één van de eerste grote aankopen die ik van mijn zakgeld deed was dan ook een microscoop. Ik had niet genoeg geld voor een hele goede microscoop, maar met mijn exemplaar kon ik toch heel aardig kleine platgeslagen vliegjes bekijken. Op mijn 14^e moest ik een keer naar het ziekenhuis voor een operatie aan mijn grote teen en ik vroeg aan de dokter of ik mee mocht kijken bij zijn werkzaamheden. Twee dagen strompelde ik door het ziekenhuis achter hem aan. Na mijn eindexamen ben ik geneeskunde gaan studeren in Rotterdam. Ik werd gegrepen door het vak Oogheelkunde, omdat het oog een heel wonderlijk orgaan is. Je kunt er dingen in zien die je vanaf de buitenkant niet ziet. Op het netvlies zie je heel goed de bloedvaten en een grote zenuw. Bovendien is het heel mooi als je mensen die slecht zien weer beter kunt laten zien. Die patiënten maak je heel blij. De professor die mij het vak van oogarts leerde, was erg geboeid door erfelijke ziekten waardoor patiënten soms al heel jong slecht gaan zien of zelfs blind worden. Ik ben dan ook onderzoek gaan doen waarmee ik de oorzaak daarvan wilde vinden. Ik hoop in de toekomst een behandeling te vinden tegen erfelijke blindheid. Eigenlijk ben ik nu die nieuwsgierige diepzeeduiker die ik als kind wilde worden; dan wel niet in de zee, maar in het oog.

Defect in afweersysteem veroorzaakt slechtziendheid ouderen

Datum bericht: 21 mei 2013

PERSBERICHT - Slechtziendheid bij ouderen wordt veroorzaakt door een erfelijk defect in het afweersysteem, stellen onderzoekers van de afdeling Oogheelkunde van het UMC St Radboud in Nature Genetics. Draggers van het defect hebben een 22 keer hoger risico op leeftijdsgebonden maculadegeneratie, de belangrijkste oorzaak van slechtziendheid bij ouderen. Door het defect wordt het afweersysteem onvoldoende afgeremd, waardoor beschadigingen in het netvlies ontstaan.

Leeftijdsgebonden maculadegeneratie is een ouderdomsziekte van het centrale deel van het netvlies, de macula. Door het afsterven van de lichtgevoelige cellen in de macula vermindert het centrale zicht. Leeftijdsgebonden maculadegeneratie maakt lezen, gezichten herkennen en autorijden moeilijk tot onmogelijk. De aandoening begint over het algemeen na het vijftigste jaar en met het ouder worden neemt het risico fors toe. Ongeveer 35 procent van de mensen boven de 75 lijdt aan leeftijdsgebonden maculadegeneratie. Vijf jaar geleden zetten dr. Anneke den Hollander (geneticus) en prof. dr. Carel Hoyng (oogarts) een databank op voor het verzamelen van patiëntgegevens. De databank is inmiddels uitgegroeid tot een van de grootste databanken voor leeftijdsgebonden maculadegeneratie ter wereld. De databank vormt een belangrijke basis voor het onderzoek van de afdeling Oogheelkunde.

Groter risico door haperende rem

Oogarts in opleiding John van de Ven, eerste auteur van het artikel in Nature Genetics, toonde aan dat sommige patiënten met leeftijdsgebonden maculadegeneratie een erfelijk defect hebben in het CFI gen. Deze patiënten hebben een 22 keer grotere kans op de aandoening dan de mensen zonder dit defect. Het CFI gen speelt een belangrijke rol in het complementsysteem, een onderdeel van ons afweersysteem. Het is de taak van het complementsysteem om ziekteverwekkers te doden, lichaamsvreemde stoffen op te ruimen en afweercellen aan te trekken. Maar het complementsysteem kan ook lichaamseigen cellen beschadigen. Om zich daartegen te beschermen gebruikt het lichaam het CFI, dat het complement systeem kan afremmen. Mensen met een foutje in het CFI gen kunnen het complement systeem echter onvoldoende remmen, waardoor ze veel makkelijker maculadegeneratie ontwikkelen. De onderzoekers toonden aan dat het complementsysteem inderdaad overactief is in het bloed van deze patiënten.

Het is nog onduidelijk waarom een overactief complementsysteem juist in het oog tot problemen leidt en niet op andere plaatsen in het lichaam. Mogelijk is de macula extra gevoelig voor blootstelling aan licht en een hoog zuurstofgehalte. Vetten in de macula kunnen door deze blootstelling reageren met zuurstof (oxidatie) en beschadigd raken. Op hun beurt activeren deze geoxideerde vetten het afweer- en complementsysteem, waardoor de maculadegeneratie in gang wordt gezet en uiteindelijk het centrale gezichtsvermogen afneemt.

Persoonlijke zorg

Op dit moment zijn de behandelmogelijkheden voor leeftijdsgebonden maculadegeneratie beperkt. Met dit onderzoek hopen de onderzoekers beter te begrijpen welke defecten ten grondslag liggen aan het ontstaan van leeftijdsgebonden maculadegeneratie, zodat ze nieuwe aangrijpingspunten kunnen vinden voor toekomstige behandelingen. Het is de verwachting dat in de toekomst aan de hand van het genetisch profiel van iedere patiënt de meest optimale behandeling wordt vastgesteld. De ontdekking van de rol die het CFI gen bij de leeftijdsgebonden maculadegeneratie speelt, brengt het streven naar deze zogeheten Personalized Healthcare weer een stap dichterbij.

Bron: www.ru.nl/@888807/defect-afweersysteem/

KENNISKADERS

Leeftijdsgebonden maculadegeneratie, nat en droog

Leeftijdsgebonden maculadegeneratie kan worden ingedeeld in twee vormen: een droge en een natte vorm. De droge vorm komt het meeste voor; de gele vlek breekt langzaam af, waardoor het zien langzaam steeds slechter wordt. Uiteindelijk ontstaat een wazige vlek in het midden van het gezichtsveld, waardoor je bijvoorbeeld niet meer kunt lezen en geen gezichten meer kunt herkennen.

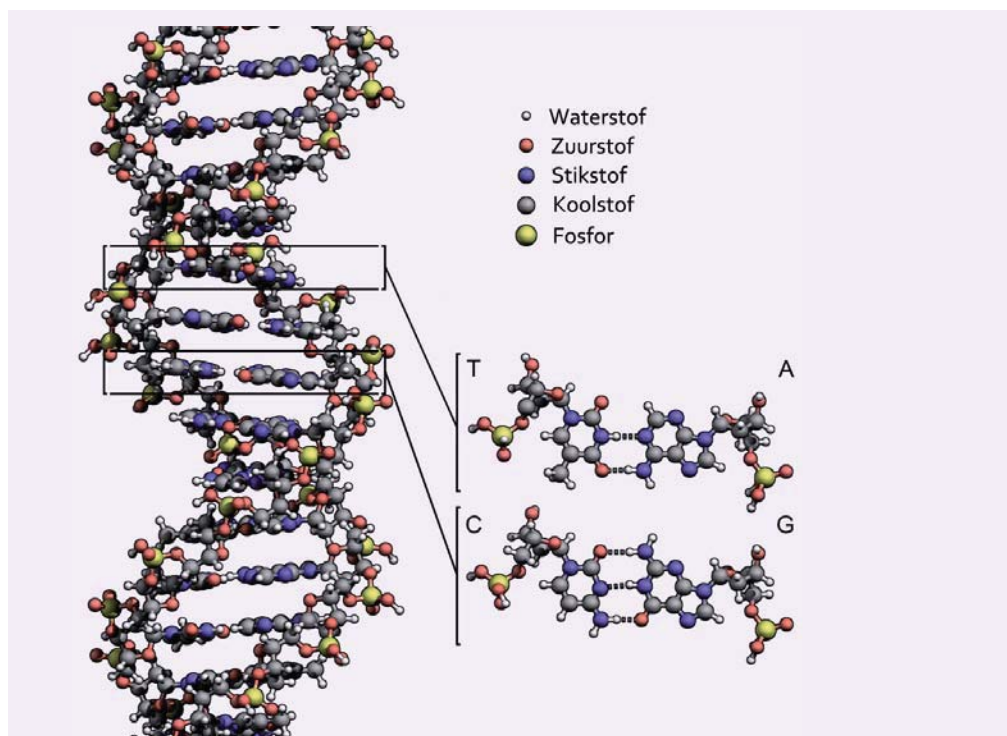
De natte vorm komt minder vaak voor. Bij deze vorm gaat het zien veel sneller achteruit. Dit komt doordat er in de gele vlek nieuwe bloedvaatjes worden gevormd die het slijtende netvlies van meer voeding en zuurstof voorzien. Deze nieuwe bloedvaatjes zijn echter van slechte kwaliteit en kunnen makkelijk gaan lekken, vandaar de naam "natte maculadegeneratie". Als deze bloedvaatjes gaan lekken, gaat het zien plotseling achteruit. Uiteindelijk ontstaat er op die plek een litteken, waardoor (net als bij de droge vorm) het scherpe zicht verloren gaat.

Erfelijk materiaal (DNA) en mutaties

Bijna iedere cel van het menselijk lichaam bevat een complete kopie van het erfelijk materiaal van die persoon. Dit erfelijk materiaal, ook wel DNA (deoxyribonucleic acid) genoemd bevat de code voor alle bouwblokken (eiwitten) die nodig zijn om een mens te maken. Die code is tegelijkertijd heel simpel en ongelooflijk complex. Hij bestaat uit slechts vier mogelijke tekens, een A, een T, een C of een G, maar door de lengte en positie van deze tekens te veranderen ontstaat een oneindige variatie aan mogelijkheden. Er zijn zo'n 6 000 000 000 (zes miljard) van deze tekens aanwezig in een volledige kopie van het DNA. Omdat iedere DNA-streng zo'n twee meter lang is en toch in een kleine cel moet passen, wordt deze streng heel strak opgerold in kleine pakketjes die chromosomen heten. Wie meer wil weten over mutaties verwijzen wij naar boek 2 van de reeks 'Wetenschappelijke doorbraken de klas in!'. Hierin is een project beschreven dat specifiek over mutaties gaat.



De chromosomen van een vrouw in een karyogram (een opname onder de microscoop, waarna de chromosomen gerangschikt zijn).



Een impressie van de structuur van DNA.

Al zou je het misschien niet direct zeggen, mensen lijken qua DNA heel erg op elkaar. Het overgrote deel van het DNA tussen mensen is precies hetzelfde. Maar er zijn ook verschillen. In de meeste gevallen komen die verschillen bij meerdere mensen voor, maar soms zijn die verschillen heel zeldzaam. Als zo'n zeldzame verandering de code van een bouwblok ernstig verstoort kan dat leiden tot problemen, bijvoorbeeld een ziekte. Als heel duidelijk is dat zo'n zeldzame verandering een ziekte veroorzaakt, noemen we dat een DNA-mutatie. Wij onderzochten welke mutaties in het DNA de ziekte leeftijdsgebonden maculadegeneratie kunnen veroorzaken.

Een test voor leeftijdsgebonden maculadegeneratie

Stel je eens voor dat we alles van het DNA zouden weten en dat we alle mutaties (foutjes) kennen die te maken hebben met leeftijdsgebonden maculadegeneratie. Wat zouden we daar dan mee kunnen? Wij denken dat we in de toekomst met behulp van een chip waarop alle mutaties voor-geprogrammeerd staan en daarbij een rekenmodel kunnen inschatten hoe groot de kans is dat iemand de ziekte krijgt. Bijvoorbeeld: een jonge vrouw uit een familie waarin de ziekte voorkomt levert haar DNA bij ons in. Op basis van de chip en een vragenlijst kunnen de artsen haar dan vertellen hoe groot de kans is dat zij de ziekte krijgt en wat ze kan doen om die kans te verkleinen. Dit is een klein voorbeeld van het uiteindelijke doel waar we naar streven: persoonsgerichte zorg. Dit betekent dat we onze patiënten zo goed willen kennen, van hun DNA tot aan hun leefgewoonten, dat we ze heel gericht de beste zorg kunnen aanbieden met de grootste kans op succes. Het interessante eraan is dat dit per persoon zal verschillen; het is daarom een geweldige uitdaging voor onze artsen en wetenschappers.

Het complementsysteem: een ingenieus deel van het afweersysteem

Het lichaam kan op verschillende ingenieuze manieren bacteriën doden, maar de manier die wij bestuderen, het complementsysteem, heeft als belangrijkste wapen een molecuul in de vorm van een soort holle spijker, die de bacteriën als het ware doorboort. Via een ingewikkelde serie van stappen wordt dit molecuul gebouwd als er indringers in de buurt zijn. Als na het opruimen van alle bedreigingen het afweersysteem niet wordt uitgezet, blijven deze gevaarlijke moleculen rondslingeren in het lichaam. Dan bestaat het risico dat ze per ongeluk lichaamseigen cellen beschadigen door er gaten in te maken.

De nieuwste technieken voor erfelijkheidsonderzoek

Foutjes opsporen in een streng DNA die 6 miljard tekens lang is, is als zoeken naar een speld in een hooiberg. Hoewel onderzoekers nu in principe alle tekens van een DNA molecuul kunnen uitlezen, is het nog steeds een geweldige technologische uitdaging om dit goed te doen. Vroeger kon men niet veel verder kijken dan het niveau van chromosomen. Over ziektes werd dan bijvoorbeeld gezegd dat de oorzaak zou kunnen liggen in een afwijking of gevoeligheid ergens halverwege chromosoom nummer 10. Met de komst van nieuwe technieken konden onderzoekers weer iets meer: ze konden heel veel variaties van het genoom op een kleine chip plaatsen, die ineens alle variaties van een persoon in beeld bracht. Dankzij technologische vooruitgang kon men vervolgens alle delen van het genoom uitlezen die coderen voor de functionele bouwblokken van cellen. Dit was een belangrijke doorbraak, omdat circa 85% van de mutaties die aan een ziekte te koppelen zijn in dit deel van het erfelijk materiaal liggen. Nu, in 2015, zijn we zo ver dat we het gehele DNA in één keer kunnen lezen. Daardoor kunnen we op zoek gaan naar alle informatie die nog ontbreekt. Het uitlezen van het gehele genoom (al het erfelijk materiaal) zal de nieuwe standaard worden voor veel medisch onderzoek.

Onderzoek naar slechtziendheid en blindheid bij oudere mensen

Leeftijdsgelaten maculadegeneratie is een ingewikkelde ziekte die op verschillende manieren wordt onderzocht. Omdat we geïnteresseerd zijn in de erfelijke oorzaken van de ziekte bekijken we het DNA van patiënten met maculadegeneratie en van mensen zonder deze oogaandoening. Hiervoor gebruiken we gedetailleerde technieken (zie kader "De nieuwste technieken voor erfelijkheidsonderzoek"). Wij onderscheiden de ziekte die in families voorkomt van ziektegevallen die op zichzelf lijken te staan. We analyseren de familiale vorm van maculadegeneratie en de apart voorkomende gevallen op twee verschillende manieren.

Leeftijdsgelaten maculadegeneratie die op zichzelf lijkt te staan

Sommige mensen hebben de ziekte, terwijl hun ouders of broers en zussen die niet hebben. Dat zou kunnen betekenen dat de erfelijke factor bij zo'n patiënt een minder belangrijke rol speelt dan bijvoorbeeld omgevingsfactoren of leefwijsgewoonten. Om toch inzicht te krijgen in de rol van de erfelijkheid gaan we op zoek naar grote aantallen van dit soort patiënten. Inmiddels hebben we al zo'n 2000 patiënten en evenveel gezonde vrijwilligers verzameld. Al deze mensen hebben hun erfelijk materiaal afgestaan voor de wetenschap en met dit materiaal doen wij ons onderzoek. Zoals gezegd is het erfelijk materiaal van mensen voor het grootste gedeelte hetzelfde, maar er zijn ook

veelvoorkomende verschillen (zie ook kader “Erfelijk materiaal (DNA) en mutaties”). We kennen inmiddels honderdduizenden van deze verschillen en met de nieuwste technieken kunnen we deze allemaal in één keer analyseren. We kunnen dan alle erfelijke verschillen tussen patiënten en gezonde mensen in beeld brengen. Sommige verschillen komen veel vaker voor bij patiënten met een specifieke ziekte dan bij gezonde mensen; wanneer dat het geval is, noemen we zo’n erfelijk verschil geassocieerd met de ziekte. Dergelijke studies hebben ons veel inzicht gegeven in de rol die het erfelijk materiaal speelt bij leeftijdsgebonden maculadegeneratie.

Leeftijdsgebonden maculadegeneratie in families

Bij sommige families is het heel duidelijk dat de ziekte overerft van ouders op kinderen. Van al onze patiënten maken we een familiestamboom, waarin we patronen van overerving proberen te ontdekken. Het komt bijvoorbeeld voor dat een opa de diagnose leeftijdsgebonden maculadegeneratie heeft gekregen en dat twee van zijn vijf kinderen die ziekte ook hebben. In zo’n geval vragen we de familie om naar de afdeling Oogheelkunde van het Radboudumc te komen voor een onderzoek, zodat we kunnen vaststellen wie de ziekte heeft. Vervolgens vragen we het erfelijk materiaal van de hele familie op. In tegenstelling tot bij niet-familiaire leeftijdsgebonden maculadegeneratie verwachten we in deze families een heel duidelijke erfelijkheidscomponent aan te treffen. Daarom zoeken we in het erfelijk materiaal naar fouten met ernstige gevolgen. Dit doen we met een techniek die de belangrijkste delen van het genoom analyseert. Omdat iedereen wel foutjes in zijn genoom heeft, is het belangrijk dat we vervolgens in de analyse de gevonden foutjes koppelen aan de ziekte. De eerste stap hierbij is om te kijken welke foutjes alléén voorkomen bij de leden van de familie die de ziekte hebben en niet bij de gezonde mensen. Als dat lukt, vormt dat het bewijs dat de fout betrokken is bij leeftijdsgebonden maculadegeneratie. Als tweede stap kunnen we de hele groep van 2000 patiënten nog eens screenen op de aanwezigheid van deze ene fout; als deze vaker voorkomt, is het een erg sterk bewijs geworden.



Bij een bezoek aan het Radboudumc hielden leerlingen van de deelnemende scholen zich ook met DNA bezig. Hier isoleren ze het DNA van kiwi's.

Het onderzoek naar leeftijdsgebonden maculadegeneratie is al tientallen jaren aan de gang. Maar het raakte pas zo'n tien jaar geleden in een stroomversnelling toen voor het eerst een afwijking in het DNA gekoppeld werd aan de ziekte. Vanaf dat moment is de betrokkenheid van het afweersysteem steeds beter in beeld gekomen en nu zijn we op het punt gekomen waarop we al deze kennis hopelijk kunnen gaan omzetten naar een betere behandeling van de ziekte. Voor maar liefst 80% van de patiënten met leeftijdsgebonden maculadegeneratie is op dit moment nog geen behandeling voor handen, terwijl het gezichtsvermogen van deze mensen toch alsmaar verslechtert. Nu we weten dat een van de belangrijkste oorzaken van leeftijdsgebonden maculadegeneratie ligt in een te actief afweersysteem willen we die kennis gebruiken om patiënten te helpen met medicijnen die het afweersysteem afremmen. Of dit goed werkt zal onderwerp zijn van toekomstig onderzoek.

Verder kijken en lezen over het oog

- Op www.oogartsen.nl staat veel informatie over de werking van het oog en oogaandoeningen.
- Tv-programma Het Klokhuis heeft een aantal afleveringen gemaakt die bij het thema passen:
 - Over oogonderzoek: www.hetklokhuis.nl/tv-uitzending/2545/Oogonderzoeker;
 - Over blindheid en slechthziendheid: <http://www.hetklokhuis.nl/tv-uitzending/2321/Blinden-%20en%20slechthzienden%20school>;
 - Over geleidelijnen: <http://www.hetklokhuis.nl/tv-uitzending/3015/Geleidelijnen>;
 - Over ooglaseren: www.hetklokhuis.nl/tv-uitzending/1429/Ooglaseren;
 - Over kleurenblindheid: http://www.npo.nl/het-klokhuis/21-06-2005/PRIDFIX2011_00896;
 - Over gezichtsbedrog: <http://www.hetklokhuis.nl/tv-uitzending/281/Gezichtsbedrog>.
- Schooltv heeft veel items over het oog, oogaandoeningen en DNA. Voor kinderen tot en met 8 jaar is er bijvoorbeeld: www.schooltv.nl/video/huisje-boompje-beestje-het-oog/#q=oog.
- Een item op Schooltv over de opbouw van het DNA: www.schooltv.nl/no_cache/video/crid/20090623_evolutie01/.
- Willem Wever biedt veel items over het oog en oogaandoeningen:
 - Over hoe het oog werkt (met filmpje): www.willemwever.nl/uitzending-gemist/fragment/proefje-hoe-werkt-ons-oog;
 - Over hoe het is om slechthziend te zijn (met filmpje): www.willemwever.nl/vraag_antwoord/de-maatschappij/hoe-het-om-slechthziend-te-zijn;
 - Over hoe de iris werkt: www.willemwever.nl/vraag_antwoord/het-menselijk-lichaam/hoe-werkt-de-iris-je-oog;
 - Over de onderdelen van het oog: www.willemwever.nl/vraag_antwoord/het-menselijk-lichaam/wat-zit-er-het-oogbal-van-een-mens;
 - Over de werking van het oog: www.willemwever.nl/vraag_antwoord/het-menselijk-lichaam/hoe-kunnen-je-ogen-kijken;
 - Over hoe het komt dat mensen blind zijn: www.willemwever.nl/vraag_antwoord/het-menselijk-lichaam/hoe-komt-het-dat-sommige-mensen-blind-zijn-en-hoe-kan-je-het-we
- Wekelijks Wouter op You-tube over de gele vlek: <http://youtu.be/TJLxqoRqoCl>.
- Op www.proefjes.nl vind je veel proefjes rondom dit thema.
- Op http://www.webkwestie.nl/blind_of_slechthziend/index.htm staan activiteiten waarmee je blindheid en slechthziendheid kunt ervaren.

Bovenstaande links zijn ook online te vinden. ©

5.2 Het oog de klas in!

Projectteam Het oog

In deze paragraaf beschrijven we hoe je als leraar een project onderzoekend leren kunt opzetten met als thema: Het oog. Bij elke stap van het onderzoekend leren geven we activiteiten, praktische tips en suggesties voor hoe je met dit thema in de klas aan de slag kunt gaan. We doen dit op de drie niveaus van onderzoekend leren, zoals beschreven in Hoofdstuk 2. De beschrijvingen in deze paragraaf zijn gebaseerd op ervaringen van basisschool de Gazelle in Arnhem en basisschool de Tuimelaar in Westervoort. De online bijlagen waar bij verschillende activiteiten naar wordt verwezen, zijn te vinden op onze website www.wetenschapdeklasin.nl. Wanneer je dit symbool  tegenkomt, dan is dit een verwijzing naar de website. De materialen waarnaar verwezen wordt, staan op de webpagina's die voor dit boek zijn ingericht.

Kerdoelen

De volgende kerndoelen komen aan bod bij dit project:

Nederlands

- 1 De leerlingen leren informatie te verwerven uit gesproken taal. Ze leren tevens die informatie, mondeling of schriftelijk, gestructureerd weer te geven.
- 2 De leerlingen leren zich naar vorm en inhoud uit te drukken bij het geven en vragen van informatie, het uitbrengen van verslag, het geven van uitleg, het instrueren en bij het discussiëren.
- 4 De leerlingen leren informatie te achterhalen in informatieve en instructieve teksten, waaronder schema's, tabellen en digitale bronnen.
- 5 De leerlingen leren naar inhoud en vorm teksten te schrijven met verschillende functies, zoals: informeren, instrueren, overtuigen of plezier verschaffen.
- 6 De leerlingen leren informatie en meningen te ordenen bij het lezen van school- en studieteksten en andere instructieve teksten, en bij systematisch geordende bronnen, waaronder digitale bronnen.
- 8 De leerlingen leren informatie en meningen te ordenen bij het schrijven van een brief, een verslag, een formulier of een werkstuk. Zij besteden daarbij aandacht aan zinsbouw, correcte spelling, een leesbaar handschrift, bladspiegel, eventueel beeldende elementen en kleur.

Oriëntatie op jezelf en de wereld

- 34 De leerlingen leren zorg te dragen voor de lichamelijke en psychische gezondheid van henzelf en anderen.
- 41 De leerlingen leren over de bouw van planten, dieren en mensen en over de vorm en functie van hun onderdelen.
- 44 De leerlingen leren bij producten uit hun eigen omgeving relaties te leggen tussen de werking, de vorm en het materiaalgebruik.
- 45 De leerlingen leren oplossingen voor technische problemen te ontwerpen, deze uit te voeren en te evalueren.

Het oog en wat er mis kan gaan

Doelen van het project

Met dit project kan aan de volgende doelen worden gewerkt:

Cognitieve doelen

- De leerlingen leren uit welke onderdelen een oog bestaat en hoe het oog werkt;
- De leerlingen leren hoe een aantal oogaandoeningen ontstaan en wat de gevolgen zijn;
- De leerlingen maken kennis met het onderzoek naar leeftijdsgebonden maculadegeneratie.

Vaardigheidsdoelen

- De leerlingen leren vanuit eigen interesse een vraag opstellen binnen een thema;
- De leerlingen leren een onderzoek opzetten en uitvoeren op basis van een eigen vraag;
- De leerlingen leren conclusies trekken op basis van eigen onderzoek.

Samenwerkingsdoelen

- De communicatie tussen de leerlingen bij samenwerking in groepjes wordt versterkt;
- De leerlingen leren op elkaar vertrouwen en met gegeven vertrouwen om te gaan.

Affectieve doelen

- De leerlingen ervaren hoe mensen met een oogaandoening de wereld waarnemen;
- De leerlingen ervaren hoe een wetenschapper onderzoek doet;
- De leerlingen reflecteren op eigen handelingen;
- De leerlingen reflecteren op hun werkwijze binnen hun projectgroep.



Stap 1. Introductie

Tijdens de introductiefase komen leerlingen voor het eerst in aanraking met een onderwerp. Het doel is hen te prikkelen en nieuwsgierig te maken naar het onderwerp en waar nodig de leerlingen kennis te laten maken met onderzoekend leren.

1 2 3

Op de twee deelnemende scholen heeft de introductie de vorm gekregen van een *happening*. Bij De Tuimelaar gebeurde dat in de vorm van de introductie van een themahoek. Hierin lagen verschillende boeken over onderwerpen die met het oog te maken hebben, zoals oogaandoeningen, blindheid, braille, blindengeleidehond en dierenogen. Ook lagen er verschillende soorten brillen: leesbrillen, zonnebrillen en veiligheidsbrillen. Tijdens het gehele project konden de kinderen in de themahoek rommelen en inspiratie opdoen.

Basisschool de Gazelle koos voor een toneelstukje, waarin zowel het thema 'zien' als het doen van onderzoek verwerkt waren. Het script van dit toneelstukje is te vinden op de website [en](#) kan wellicht dienen als inspiratiebron. Naar aanleiding van het toneelstukje gingen de leraren kort in gesprek met hun leerlingen. Ze vroegen onder meer wie in het toneelstukje echt onderzoekend te werk ging en welke vragen de leerlingen inmiddels hadden over het oog. Waren er dingen die ze nu nog niet wisten over het oog, maar wel zouden willen weten?



Stap 2. Verkennen

In de verkenningfase gaan de leerlingen het onderwerp breed verkennen. Dit doen ze met behulp van activiteiten die ze soms individueel, soms in groepjes en soms klassikaal uitvoeren.

1 2 3

Hieronder wordt een groot aantal activiteiten beschreven, waaruit een keuze gemaakt kan worden. De activiteiten 2 tot en met 11 zijn korte activiteiten, die zeer geschikt zijn om in de vorm van een circuit te doen. Op onze website staan opdrachtkaarten waarmee je voor deze activiteiten makkelijk een circuit kunt maken. Er kunnen ook meerdere circuits gemaakt worden, voor verschillende momenten. Je kunt er ook voor kiezen om enkele activiteiten in groepjes door de hele klas tegelijk te laten doen. Om de leerlingen echt van de activiteiten te laten leren, is het belangrijk om ze samen na te bespreken. Hoe hebben ze de activiteiten ervaren? Wat is het verband met de werking van het oog? De activiteiten 1, 12 en 13 zijn vanwege hun duur of vorm minder geschikt voor een circuit. Online vind je ook extra activiteiten van andere aanbieders. Zie 'Verder kijken en lezen over het oog', aan het einde van Paragraaf 5.1. De laatste twee links verwijzen naar activiteiten.

ACTIVITEIT 1: LEZING OVER HET OOG

Doelen

- De leerlingen maken kennis met het thema Het oog en met het onderzoek hiernaar;
- De leerlingen oefenen het maken van aantekeningen terwijl ze luisteren (aandacht spreiden).

Werkvorm

Klassikaal

Voorbereiding en benodigdheden

Digibord klaarzetten met de lezing.

Duur

De opname van de lezing duurt ongeveer 13 minuten. Als de opname zo nu en dan wordt stilgezet om vragen te beantwoorden, is er meer tijd nodig.

Activiteit

De lezing van Carel Hoyng en Anneke den Hollander wordt aangeboden op het digibord. De leerlingen bekijken de opname en maken ondertussen aantekeningen in de vorm van een mindmap. De opname wordt regelmatig stilgezet, zodat de leraar vragen kan beantwoorden en verdiepende vragen kan stellen.

Het oog en wat er mis kan gaan



Carel Hoyng en Anneke den Hollander geven een lezing aan leerlingen van de deelnemende scholen die een bezoek brengen aan het Radboudumc.

Afronding

De leerlingen praten met elkaar, stellen vragen en beantwoorden elkaars vragen. Ze gebruiken hierbij hun mindmap. Deze kunnen ze na afloop van het gesprek aanvullen met nieuwe inzichten.

Tips

- Bekijk vooraf de lezing een keer zelf. Zo heb je gelegenheid om op het leerdoel gerichte, verdiepende vragen voor te bereiden;
- In de lezing komen enkele principes aan de orde die bij de activiteiten zullen worden ervaren. Bij het zoeken naar een verklaring voor deze ervaringen, kun je terugverwijzen naar de lezing. Eventueel kun je de lezing achteraf nog een keer bekijken en bespreken wat de leerlingen zelf ervaren hebben.

Online bijlage

Lezing Het oog, door Carel Hoyng en Anneke den Hollander

ACTIVITEIT 2: DE BLINDE VLEK

Subthema

De werking van het oog

Doel

De leerlingen ontdekken dat er een klein stukje van hun zicht ontbreekt: de blinde vlek.

Werkvorm

Groepjes van vier

Vorbereiding en benodigdheden

Werkblad 'Blinde vlek'.

Duur

5 tot 10 minuten

Activiteit

Leg de activiteit uit aan de leerlingen. Ze moeten met hun rechteroog naar de stip kijken, terwijl ze hun linkeroog dichthouden. Beweeg het blaadje dichterbij en verder weg, circa 20 cm. Wat gebeurt er? De leerlingen bespreken of het lukt en helpen elkaar indien nodig.

Afronding

De leerlingen bespreken in hun groepje wat er tijdens het kijken gebeurt. Als het goed gaat, zien ze op een gegeven moment vanuit hun ooghoeken geen kruisje meer. Dit komt doordat er op je netvlies een plekje zit waarmee je niet kunt zien. Daar zit de oogzenuw. Die blinde vlek zit niet midden in het zicht, maar juist aan de rand, zodat je er minder last van hebt. Meestal merk je niet dat je een blinde vlek hebt, maar met deze activiteit zullen de leerlingen die wel ervaren.

Online bijlagen

- Opdrachtkaart 'Blinde vlek';
- Werkblad 'Blinde vlek'.



Een leerling van basisschool de Gazelle ontdekt haar blinde vlek.

Het oog en wat er mis kan gaan

ACTIVITEIT 3: GLAZEN OP STERKTE

Subthema's

Hulpmiddelen en Aandoeningen

Doel

De leerlingen begrijpen wat brillenglazen met verschillende sterktes doen met hun zicht.

Werkvorm

Groepjes van vier

Vorbereiding en benodigdheden

- Brillen met glazen van verschillende sterktes (of losse sterkteglazen), zowel plus als min. Zorg dat de glazen niet te sterk zijn; sterker dan -5 kan onaangenaam zijn. Noteer de sterkte op elke bril. Zorg voor evenveel brillen als het aantal leerlingen per groepje;
- Werkbladen met twee rebussen.

Duur

5 tot 10 minuten

Activiteit

Elke leerling zet een bril op en maakt de twee rebussen. Hierna kijken ze ver weg, bijvoorbeeld naar buiten.

Afronding

De leerlingen bespreken in het groepje wat ze hebben gemerkt. Ze bepalen met welke sterkte je goed veraf kunt zien en met welke sterkte je goed dichtbij kunt zien. Hebben oudere mensen vaker een plus- of een min-bril nodig? En waarom?

Er bestaan twee soorten brillen: een bril met bolle lenzen (positieve lenzen ofwel plus-bril) en een bril met holle lenzen (negatieve lenzen ofwel min-bril). Lenzen kunnen lichtstralen op verschillende manieren breken. Een bolle lens zorgt ervoor dat de lichtstralen naar elkaar toe breken, waardoor je van dichtbij beter kunt zien. Een holle lens zorgt er juist voor dat de lichtstralen van elkaar af buigen, waardoor je van veraf beter kunt zien. Wanneer je ouder wordt en steeds slechter kunt lezen, heb je dus een plus-bril nodig om goed van dichtbij te kunnen zien.

Online bijlagen

- Opdrachtkaat 'Glazen op sterkte';
- Werkblad rebussen.

ACTIVITEIT 4: ZELFGEMAAKTE VERGROOTGLAZEN

Subthema

Hulpmiddelen

Doelen

- De leerlingen vergelijken glazen van verschillende sterktes en komen samen tot een conclusie;
- De leerlingen denken samen na over (mogelijke) oorzaken van hun conclusie.

Werkvorm

Groepjes van vier

Voorbereiding en benodigdheden

- Diverse glazen potten of drinkglazen van verschillende diameter; ten minste 3 per groepje. Vul de potten met water;
- Een gelamineerd blad waarop in kleine letters een tekst staat.

Duur

10 minuten

Activiteit

De leerlingen kijken door de met water gevulde potten naar de tekst en proberen deze te lezen. Bij welke pot lukt dit het best?

Afronding

De leerlingen bespreken hun bevindingen en proberen de oorzaak van de verschillen te verklaren: hoe zou het komen dat je door het ene glas beter ziet dan door het andere glas?

Normaal gesproken gaan lichtstralen rechtdoor, maar als lichtstralen van de ene stof naar de andere stof gaan, kunnen ze van richting veranderen. Dit heet breking van het licht. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren wanneer lichtstralen van water naar lucht gaan of andersom. Als de lichtstralen breken door het water, zie je de dingen achter het water groter dan ze in werkelijkheid zijn. Een glas met water is bolvormig net zoals een vergrootglas. Hoe boller het vergrootglas, hoe meer het kan vergroten. Dit geldt dus ook voor een glas met water.

Bron

Natuur aan de basis, 12e jaargang nr 1

Online bijlage

Opdrachtkaart 'Zelfgemaakte vergrootglazen'

Het oog en wat er mis kan gaan

ACTIVITEIT 5: LEESBRIL (ACCOMMODATIE)

Subthema 's

Werking van het oog en Aandoeningen

Doelen

- De leerlingen ervaren het verschil tussen kijken met en kijken zonder leesbril;
- De leerlingen ontdekken wat een leesbril precies doet en proberen te beredeneren hoe dit komt.

Werkvorm

In tweetallen; bij een circuit dus de groepjes opdelen

Vorbereiding en benodigdheden

- Drie à vier leesbrillen van verschillende sterktes (de sterkte op elke bril noteren);
- Twee linialen;
- Eventueel pen en papier.

Duur

10 minuten

Activiteit

Veel mensen hebben een leesbril. Dit zijn meestal oudere mensen. Maar wat doet een leesbril precies?

Laat de leerlingen in tweetallen werken. Leerling 1 houdt haar wijsvinger voor haar ogen, maar niet te dichtbij! Vervolgens beweegt hij zijn vinger naar zijn ogen toe, tot het punt dat hij zijn vinger niet meer scherp ziet. Dan beweegt hij de vinger terug naar het punt waarop hij die net scherp ziet. Leerling 2 meet deze afstand op met een liniaal, van de vinger tot het punt tussen de ogen. De leerlingen doen hetzelfde proefje nog een aantal keer met de verschillende leesbrillen. Wat is het verschil? Daarna voert leerling 2 de proef uit.

Leerlingen met een bril doen het proefje eerst een keer zonder bril, dan met hun eigen bril en tenslotte met de leesbrillen. Geeft hun eigen bril hetzelfde effect of anders dan de leesbril? En als het anders is, wat is dan het verschil?

Afronding

De leerlingen bespreken hun bevindingen. Wat doet een leesbril? En hoe kan het dat je met een leesbril op kortere afstand scherp kunt zien dan zonder leesbril? Waarom zouden vooral oude mensen een leesbril hebben?

Mensen kunnen voorwerpen op verschillende afstanden scherp zien, doordat de ooglen in staat is van sterkte te veranderen door boller of platter te worden. Als de spieren zich aanspannen wordt de lens boller en kan men van dichtbij scherp zien; als de spieren zich ontspannen wordt de lens platter en ziet men veraf scherp. Dit wordt accommodatie genoemd.

Naarmate mensen ouder worden, wordt de ooglen stijver en kan hij niet meer bol worden. Hierdoor kan men van dichtbij minder goed scherp stellen.

Online bijlage

Opdrachtkaat Leesbril



Een leerling van basisschool de Gazelle meet tot welke afstand haar medeleerling scherp ziet met een leesbril op.

ACTIVITEIT 6: ZIEN VAN EEN AFSTAND

Subthema

Aandoeningen

Doelen

- De leerlingen leren dat niet iedereen even scherp ziet;
- De leerlingen ervaren dat je niet altijd scherp ziet.

Werkvorm

Groepjes van vier

Voorbereiding en benodigdheden

- Ophangen tekst met normaal leesbare letters (lettergrootte 11 of 12);
- Meetlint of bordliniaal klaarleggen.

Duur

5 tot 10 minuten

Activiteit

De leerlingen gaan om beurten dicht bij de tekst staan en doen dan enkele stappen achteruit, tot ze de tekst niet meer kunnen lezen. Dan lopen ze met kleine stapjes weer vooruit, tot ze de tekst wel weer kunnen lezen. Vervolgens meet één van de andere leerlingen de afstand tot de tekst in centimeters en noteert die bij de naam van de leerling. Wie kan van de grootste afstand de tekst nog lezen (wel rechtop blijven staan!)?

Het oog en wat er mis kan gaan

Afronding

De leerlingen bespreken hoe het komt dat de scherpste van het zicht verschilt per leerling en hoe het kan dat je de tekst op een bepaald punt niet meer scherp kunt zien.

Om veraf scherp te kunnen zien, wordt de ooglenz platter. Op een gegeven moment kan de ooglenz niet meer platter worden en kun je de tekst niet meer scherp zien. Het moment waarop dit gebeurt, is voor iedereen verschillend.

Online bijlage

Opdrachtkaat 'Zien van een afstand'

ACTIVITEIT 7: KLEURENBLIND

Subthema

Aandoeningen

Doel

De leerlingen testen of ze kleurenblind zijn door naar verschillende plaatjes te kijken.

Werkvorm

Groepjes van vier

Vorbereiding en benodigdheden

Maak een kleurenprint van 'Ishihara' testplaatjes, waarin getallen zijn 'verstopt'.

Duur

5 tot 10 minuten



Leerlingen van basisschool de Gazelle doen de kleurentest.

Activiteit

De leerlingen testen in hun groepje of één van hen kleurenblind is. Ze doen dit door het uitvoeren van de kleurentest. Een kind met een kleurenstoornis zal in sommige kleurenplaten geen duidelijk cijfer herkennen, terwijl iemand zonder kleurenstoornis dat cijfer wel ziet. De leerlingen vullen hun antwoorden in op het antwoordenblad.

Afronding

De leerlingen bespreken waarom sommige mensen kleurenblind zijn.

De kegeltjes in het netvlies zorgen ervoor dat we kleuren zien. Er zijn drie soorten kegeltjes, iedere soort is gevoelig voor een bepaalde kleur; rood, groen of blauw. Door combinatie van de drie kleuren is de mens in staat kleuren te onderscheiden. Kleurenblindheid treedt op als een of meer van de soorten kegeltjes niet (goed) functioneert.

Tips

- Houd er rekening mee dat iemand erachter kan komen dat hij of zij kleurenblind is. Benadruk dat dit geen ziekte is, maar een variatie: iets wat kan verschillen tussen mensen. Stel een leerling die zich hier zorgen over maakt gerust;
- Dit is geen officiële kleurenblindheidtest. Wie zeker wil weten of hij kleurenblind is, moet dit door een oogarts laten testen.

Online bijlagen

- Opdrachtkaart Kleurenblindheid;
- 'Ishihara' testplaatjes;
- Antwoordenblad 'Kleurenblindheid'.

ACTIVITEIT 8: OOGAANDOENINGEN

Subthema

Aandoeningen

Doel

De leerlingen ervaren hoe het is om dagelijkse handelingen te verrichten als je een ernstige oogafwijking hebt.

Werkvorm

Groepjes van vier leerlingen, gesplitst in tweetallen

Voorbereiding en benodigdheden

- Een krant;
- Een parcours met enkele obstakels, bijvoorbeeld tafels en stoelen;
- Twee brillen (niet op sterkte!) die op een verschillende manier zijn afgeplakt. Het groter de brillen, hoe beter. Duikbrillen werken het best, omdat je er niet omheen kunt kijken;
- Bril 1, Maculadegeneratie: plak het midden van de bril met ondoorzichtig papier af. Doe het zo dat het lastig is om langs het afgeplakte stuk te kijken;
- Bril 2, Retinitis pigmentosa: laat bij deze bril juist een gaatje in het midden over ter grootte van een euro. Je kunt deze bril ook maken van twee toiletrollen.

Het oog en wat er mis kan gaan

De afbeeldingen hieronder laten zien hoe de wereld er ongeveer uit ziet als je door een dergelijke bril kijkt.



Links = Normaal zicht; Midden = Bril 1, Maculadegenratie; Rechts = Bril 2, Retinitis pigmentosa.

Duur

10 tot 15 minuten

Activiteit

Ieder tweetal neemt één bril. Eén van de twee zet de bril op en voert de volgende opdrachten uit:

- Probeer een stukje in de krant te lezen.
- Leg het parcours met obstakels af.
- De ander let goed op wat er gebeurt. Als beide opdrachten gedaan zijn, wisselen de twee van rol. Ten slotte wisselen de tweetallen van bril en voeren ze beiden nog een keer de opdrachten uit.



Leerlingen van basisschool de Gazelle lezen een tekst en leggen een parcours af met een bril op die maculadegenratie nabootst.

Afronding

De leerlingen bespreken wat ze hebben ervaren. Hoe was het om de opdrachten te doen? Met welke aandoening is de krant lezen het moeilijkst en bij welke aandoening is het ontwijken van obstakels het moeilijkst? Waar denken ze dat de aandoeningen in het oog zitten?

Waar bij maculadegeneratie de gele vlek wordt aangetast (zie Paragraaf 5.1), wordt bij retinitis pigmentosa juist het netvlies om de gele vlek heen aangetast, waardoor dan juist vooral met de gele vlek wordt waargenomen.

Tip

Voor deze activiteit is 10 minuten aan de korte kant. Je kunt er ook voor kiezen deze activiteit in twee rondes te doen of als aparte activiteit aan te bieden.

Online bijlage

Opdrachtkaat 'Oogaandoeningen'

ACTIVITEIT 9: BRAILLE

Subthema's

Aandoeningen en Hulpmiddelen

Doelen

- De leerlingen ervaren hoe het is om brailleschrift te lezen;
- De leerlingen kunnen met behulp van brailleschrift hun naam schrijven.

Werkvorm

Individueel of in groepjes van vier (bij een circuit)

Voorbereiding en benodigdheden

- Voorbeeldblad met braille; schrijf er een woord in braille op;
- Braillealfabet klaarleggen (vier stuks);
- Brailletemplate, vier keer;
- Vier potloden.

Duur

10 minuten

Inleiding

De leerlingen bekijken het braillealfabet en kijken of ze het voorbeeldwoord kunnen ontcijferen.

Activiteit

De leerlingen schrijven hun eigen naam in braille door met potlood de puntjes in te vullen. Als ze tijd over hebben, kunnen ze ook een hele zin schrijven.

Afronding

De leerlingen controleren wat hun groepsgenootje heeft geschreven.

Het oog en wat er mis kan gaan

Tip

Je kunt de leerlingen ook echt in braille laten schrijven met een braillepen of prikpen op karton. Omdat dit in spiegelbeeld moet worden gedaan, is tien minuten waarschijnlijk te kort. Je kunt het ook een keer klassikaal doen.

Online bijlagen

- Opdrachtkaat 'Braille';
- Braillealfabet;
- Brailletemplate.

ACTIVITEIT 10: VOELDOZEN

Subthema

Aandoeningen

Doelen

- De leerlingen ontdekken hoe het is om met de tastzin te 'zien';
- De leerlingen ervaren het gemis van zicht bij het onderzoeken van voorwerpen;
- De leerlingen wisselen waarnemingen uit en komen samen tot een conclusie.

Werkvorm

In tweetallen; bij een circuit dus de groepjes opdelen

Voorbereiding en benodigdheden

- Vier voeldozen, dat wil zeggen dozen met aan de voorkant een opening waar een hand doorheen kan;
- Voorwerpen voor in de voeldoos. Deze voorwerpen moeten op de tast geraden worden. Zorg daarom voor voorwerpen die verschillen qua vorm en textuur.

Duur

10 minuten

Inleiding

Voeldozen worden vaak gebruikt om mensen te laten raden wat ze voelen. Veel mensen vinden het eng om hun hand in de doos te steken want ze weten niet precies wat ze voelen. Stel de leerlingen daarom gerust: er zit niets engs in de voeldoos!

Activiteit

Per tweetal kiezen de leerlingen een voeldoos. Eerst voelt de één en probeert de ander te omschrijven wat hij of zij voelt. Dan doet de ander hetzelfde. Kunnen ze er achter komen welke voorwerpen er in de doos zitten? Zijn ze het daarover eens? Als ze het eens zijn of als het lang duurt voor ze erachter komen, gaan ze door naar de volgende doos.



Een leerling van basisschool de Gazelle probeert te voelen wat er in de voeldoos zit.

Afronding

De leerlingen maken de doos open om te zien wat er daadwerkelijk in zit. Ze moeten dit wel geheim houden voor de andere leerlingen!

De leerlingen bespreken na hoe het zou zijn als je altijd moet voelen om erachter te komen wat iets is. Zou dat moeilijk zijn? Zou je het steeds beter kunnen?

Online bijlage

Opdrachtkaat 'Voeldozen'

ACTIVITEIT 11: OPTISCHE ILLUSIES

Subthema

Rol van het brein

Doel

De leerlingen ervaren dat het beeld dat je met je ogen ziet door je hersenen kan worden vervormd.

Werkvorm

Groepjes van vier

Voorbereiding en benodigdheden

Werkbladen 'Optische illusies' met uitleg.

Het oog en wat er mis kan gaan

Duur

10 minuten

Activiteit

De leerlingen bekijken meerdere optische illusies en proberen erachter te komen wat de illusie is.

Afronding

De leerlingen bespreken wat zij gezien hebben en hoe het komt dat onze ogen zo voor de gek kunnen worden gehouden.

Eigenlijk zijn het niet onze *ogen* die 'voor de gek worden gehouden', maar ons *brein*. Wat de ogen zien, wordt in het brein verwerkt. Bij optische illusies gebeurt er iets waardoor deze verwerking anders uitpakt dan het brein verwacht.



Leerlingen van basisschool de Gazelle bestuderen optische illusies.

Tip

De activiteit kan worden uitgebreid met schilderijen van Escher. Wat zie je? Kan dit?

Online bijlagen

- Opdrachtkaat 'Optische illusies';
- Werkbladen 'Optische illusies' met uitleg.

ACTIVITEIT 12: CAMERA OBSCURA

Subthema 's

Werking van het oog en De rol van het brein

Doelen

- De leerlingen ervaren dat het beeld door de camera obscura omgedraaid wordt;
- De leerlingen verklaren en begrijpen waarom wij het beeld omgedraaid zien;
- Met behulp van de camera obscura begrijpen de leerlingen beter het principe van lichtinval in het oog.

Werkvorm

Groepjes van vier

Vorbereiding en benodigdheden

Zoek instructies voor het maken van een camera obscura en print die voor de leerlingen als instructieblad. Er zijn veel manieren om een camera obscura te maken. Onze voorkeur heeft de camera obscura waarbij de waarnemer zijn hoofd in de camera obscura steekt. Zie *Bronnen* voor deze en andere voorbeelden. Zorg dat het instructieblad dat de leerlingen krijgen nog niet prijsgeeft dat het beeld op zijn kop moet staan.

Duur

45 tot 60 minuten

Activiteit

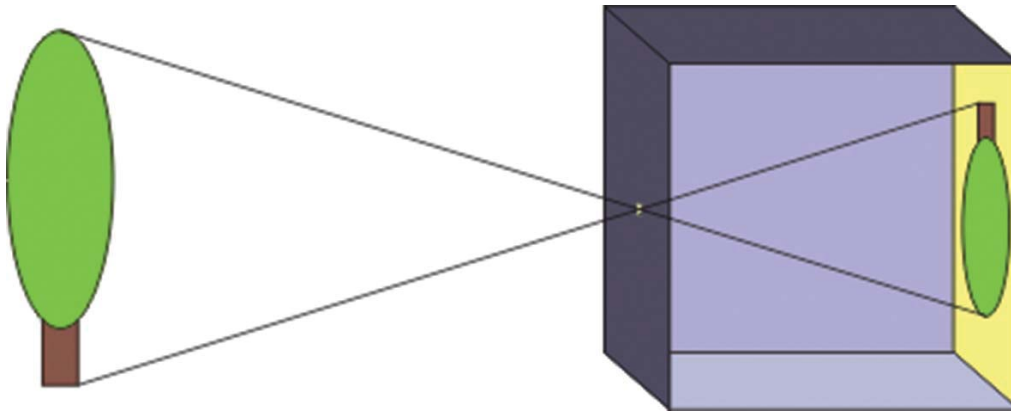
De leerlingen maken een camera obscura. Ze werken daarbij in groepjes volgens één van de instructies (zie *Bronnen*) en testen die uit. In hun groepje bespreken ze wat ze zien en hoe ze denken dat dit komt. Weten ze wat dit met het oog te maken heeft?

Afronding

Besprek na wat de leerlingen hebben gezien en wat dit met het oog te maken heeft. En wat hebben de hersenen daarmee te maken?

De lichtstralen die door het gaatje van de camera obscura vallen, gaan altijd rechtdoor. De lichtstraal die van de bovenkant komt, zal dus beneden op het scherm eindigen en de straal die van beneden komt eindigt bovenaan op het scherm (zie afbeelding). Het beeld wordt daardoor omgedraaid; daarom zie je het beeld op z'n kop. Hetzelfde gebeurt in het oog. Het beeld dat op je netvlies valt, staat dus op z'n kop. Dit beeld gaat via de oogzenuw naar de hersenen. Die kunnen het beeld weer omdraaien, waardoor je hier niets van merkt.

Het oog en wat er mis kan gaan



Omdat lichtstralen rechtdoor gaan, zie je het beeld op zijn kop.

Bronnen

- De camera obscura waar je met je hoofd in gaat: https://www.e-nemo.nl/media/filer_public/cd/0e/cd0ef8d5-addd-4e6e-9080-e9ce083689fb/camera_obscura.pdf.
- Camera obscura van een schoenendoos: <http://www.kidzlab.nl/content/view/91/57/>.
- Camera obscura van keukenrol en toiletrol: <http://www.goedprogramma.nl/kinderen/spel/cameraobscura>.
- Een wat luxere camera obscura met een bolle lens: <http://www.lomography.nl/magazine/125014-doe-het-zelf-camera-obscura>.

ACTIVITEIT 13: BLIND ZIJN ERVAREN

Subthema

Aandoeningen

Doelen

- De leerlingen verplaatsen zich in een persoon die blind is;
- De leerlingen leren elkaar te vertrouwen en elkaars vertrouwen te verdienen.

Werkvorm

Tweetallen

Vorbereiding en benodigdheden

- Een blinddoek of ander voorwerp dat als blinddoek gebruikt kan worden (slaapmasker, theedoek, T-shirt);
- Uitzetten parcours of bepalen van een route.

Duur

circa 45 minuten

Inleiding

Bespreek met de leerlingen wat het betekent om blind te zijn. Kennen ze iemand die blind is? En hoe zou het zijn om blind te zijn? Vertel hen vervolgens dat ze dat zelf een beetje gaan ervaren.

Activiteit

Per tweetal krijgt één leerling een blinddoek om, de andere leidt deze leerling naar een bepaalde plek, bijvoorbeeld naar buiten. Ze mogen daarbij alleen hun stem gebruiken (behalve als de geblinddoekte ergens tegenaan dreigt te lopen). Er kan ook een parcours worden uitgezet, bijvoorbeeld met pionnen of zelfs hindernissen. Na het bereiken van de plek wisselen de leerlingen van rol.

Afronding

De leerlingen bespreken wat er anders is als je blind bent. Welke dingen zijn lastiger? Welke zintuigen heb je dan juist extra nodig? Hoe was het om helemaal op iemand anders te moeten vertrouwen?



Bij een bezoek aan het Radboudumc leiden leerlingen van de deelnemende scholen hun geblinddoekte medeleerlingen door de gangen van het ziekenhuis.

Tip

Bespreek vooraf hoe belangrijk de rol van de 'begeleidende' leerling is. Die moet constant de 'blinde' leerling begeleiden en zorgen voor diens veiligheid.



Stap 3. Opzetten onderzoek: onderzoeksvraag en onderzoeksplan

STAP 3A. DE ONDERZOEKSVRAAG

1 2 3

Het onderverdelen van het hoofdthema in subthema's kan de leerlingen helpen bij het formuleren van een vraag. Eén enkel thema zonder subthema's biedt de leerlingen soms te weinig houvast om een onderzoeksvraag te bedenken. Bovendien kan dit er toe leiden dat de vragen van de leerlingen erg op elkaar gaan lijken. In dit hoofdstuk zijn de activiteiten al in subthema's onderverdeeld. Via de subthema's kan de kennis die is opgedaan in de verkenningsfase makkelijker verbonden worden aan kennis die uit het onderzoek van de leerlingen zelf voortkomt. De subthema's die wij onderscheiden zijn:

- Werking van het oog;
- Aandoeningen;
- Hulpmiddelen;
- Rol van het brein.

Op niveau 1 en 2 legt de leraar de leerlingen één van onderstaande onderzoeksvragen voor. Op niveau 3 bedenken de leerlingen zelf een onderzoeksvraag.

1 2

Voor projecten op niveau 1 en 2 (gestructureerd en begeleid onderzoekend leren) zijn hieronder vijf onderzoeksvragen geformuleerd, met daarbij het subthema. Onder de vragen is kort het verband met het thema Het oog beschreven. Zo zien leerlingen ook het verband tussen wat ze hebben verkend en wat ze gaan onderzoeken. Leraren kunnen ervoor kiezen om de hele klas één onderzoeksvraag voor te leggen of om groepjes verschillende vragen te geven. Alle onderzoeksvragen zijn bedacht door leerlingen van de scholen die aan dit boek hebben meegewerkt.

Dragen de ouders van kinderen met een bril zelf ook een bril of lenzen? (subthema's Aandoeningen en Hulpmiddelen)

Hoewel erfelijkheid in dit project maar een beperkte rol speelt en in de verkenningsfase helemaal niet aan bod is gekomen, is het wel een centraal element in het onderzoek waar dit thema op gebaseerd is. De leerlingen die deze vraag hebben bedacht, wisten erfelijkheid en oogaandoeningen heel goed te combineren door een erfelijkheidsonderzoek naar een oogaandoening te doen.

Wie leggen een parcours met de nagebootste aandoening cataract beter af: jongens of meisjes? (subthema Aandoeningen)

Het groepje leerlingen dat deze vraag bedacht, wilde na de verkenningsfase graag verder met de ervaringen van de verschillende oogaandoeningen. Zij wilden graag een andere oogaandoening onderzoeken dan in de verkenningsfase was besproken. Zij zijn op zoek gegaan naar andere oogaandoeningen en kwamen toen uit bij cataract, een aandoening die duidelijk invloed heeft op het zicht. Cataract is een vorm van staar, een vertroebeling van de ooglens, die daardoor minder doorzichtig wordt. Mensen met deze aandoening kunnen dus niet scherp zien.



Zo kan het zicht van iemand met de aandoening cataract eruitzien.

Scoren kinderen met blauwe of met bruine ogen beter op een oogtest voor bijziendheid? (subthema Werking van het oog)

Je zou verwachten dat het geen verschil maakt voor het zicht welke kleur ogen mensen hebben. Maar wat je verwacht is niet altijd waar. Daarom is het goed om er toch eens onderzoek naar te doen. Dat hebben deze leerlingen gedaan met hun onderzoek naar het verband tussen oogkleur en zicht.

Welke kleur wordt het meest gezien in de beroemde foto van de wit en gouden of blauw en zwarte jurk? (subthema Rol van het brein)

Op het moment dat dit project op de scholen werd uitgevoerd, was er net een discussie over de kleur van een jurk op het internet die de hele wereld overging. Sommige mensen zagen de jurk als blauw met zwart, anderen als wit met goud en allen met volle overtuiging. In het project kwamen de leerlingen van een groepje die het onderling niet eens waren over de kleur op het idee om zelf onderzoek te doen naar de kleur die mensen zien. Deze vraag valt onder het subthema Rol van het brein, omdat de reden waarom mensen verschillende kleuren zien te maken heeft met de manier waarop het brein de context van de jurk interpreteert. Daardoor zien veel mensen de blauw met zwarte jurk als een jurk van wit met goud. Maar welke kleur wordt meer waargenomen?



Dit is de beroemde jurk. En echt waar, als jij hem ziet als wit met goud: er zijn mensen die er absoluut van overtuigd zijn dat de jurk blauw met zwart is, en andersom.

Het oog en wat er mis kan gaan

Wie gaan door het snijden van uien sneller huilen: mensen mét of mensen zonder lenzen? (subthema Werking van het oog)

Taanvocht is niet uitgebreid aan de orde geweest in het project, maar het is wel belangrijk voor de werking van het oog. Tranende ogen kunnen hinderlijk zijn, zeker als het tranen veroorzaakt wordt door het snijden van een ui.

3

Op niveau 3 bedenken de leerlingen zelf hun onderzoeksvraag. De subthema's en vragen hierboven kunnen voor de leraar een voorbeeld zijn voor de richting waarin hij of zij de leerlingen zelf een onderzoeksvraag laat bedenken. Let er echter op dat de leerlingen niet te vroeg worden gestuurd; ze zijn prima in staat om zelf een vraag te bedenken. De vragen hierboven zijn immers ook bedacht door leerlingen.

STAP 3B. HET ONDERZOEKSPLAN

Op het onderzoeksplan dat hiernaast staat afgebeeld is één van de vijf vragen uitgewerkt. Een uitwerking van alle vragen is online te vinden [🔗](#). Enkele details van het plan moeten overigens nog door de leerlingen worden ingevuld, zoals de tijdsplanning en de taakverdeling.

ONDERZOEKSPLAN VAN:



1. Wat is onze onderzoeksvraag?

Dragen de ouders van kinderen met een bril zelf ook een bril of lenzen?

2. Hoe past deze vraag bij het thema van het project?

Een bril is een hulpmiddel om beter te kunnen zien; dat past dus bij het thema over het oog.

3. Wat zal volgens ons het antwoord zijn op de onderzoeksvraag? En waarom denken we dat?

[Dit noemen onderzoekers een 'hypothese'.]

.....

.....

.....

4. Naar welke personen of materialen doen we onderzoek?

Naar kinderen in groep 7/8 met een bril en hun ouders.

5. Wat gaan we precies meten?

[Meten kan zijn: hoe lang iets duurt of hoe zwaar iets is.

Meten kan ook zijn: alle mensen dezelfde vraag stellen en dan de antwoorden vergelijken.]

We gaan vragen of de ouders van kinderen met een bril zelf ook lenzen of een bril hebben om te kijken of het dragen van een bril erfelijk is.

6. Op wat voor manier gaan we meten?

[Bijvoorbeeld met een testje, een vragenlijst of interviews.]

We maken een lijst met meerkeuzevragen. Deze delen we uit aan de kinderen die een bril dragen. Hierop vullen de kinderen in of één van hun ouders, beide ouders of geen van hun ouders een bril of lenzen draagt/dragen.

7. Hoe vaak of bij hoeveel mensen moeten we het onderzoek doen om echt antwoord op de vraag te krijgen?

We laten de vragenlijst door minstens tien kinderen met een bril invullen.

8. Hoe schrijven we de resultaten op tijdens het uitvoeren van het onderzoek?

[Antwoorden kort opschrijven, in een tabel opschrijven, streepjes zetten.]

We bekijken de vragenlijsten en schrijven de antwoorden op in een tabel met drie kolommen. We turven (zetten streepjes) hoe vaak het voorkomt dat één ouder, beide ouders of geen van de ouders een bril of lenzen draagt.

9. Wat moet in het onderzoek hetzelfde blijven en wat verandert (eerlijk meten)?

- | | |
|------------|---|
| Hetzelfde: | <ul style="list-style-type: none"> - De kinderen die de vragenlijst invullen dragen een bril. - De kinderen die de vragenlijst invullen, moeten van beide biologische ouders weten of ze een bril dragen. |
| Anders: | <ul style="list-style-type: none"> - De ouder(s) draagt/dragen wel of niet een bril of lenzen. |

10. Schrijf hieronder wanneer jullie de onderzoeksactiviteiten doen.

Activiteit:	Plaats/locatie:	Dag:	Tijd:

11. Welke hulp en materialen hebben we nodig?

- Een vragenlijst en pen;
- Minstens tien kinderen met een bril.

12. Van wie hebben we toestemming nodig, behalve van onze eigen leraar ?

.....

13. Wie doet wat bij de voorbereiding en de uitvoering van het onderzoek?

Naam:	Taken:	Wanneer af:

Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU)

Dit boek is een uitgave van het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit (WKRU). Het WKRU is in 2009 opgericht als eerste wetenschapsknooppunt van Nederland. Het WKRU heeft als missie het bevorderen van de nieuwsgierige en onderzoekende houding van kinderen en (aankomend) leraren. Om dit te bereiken organiseert het WKRU diverse activiteiten waarbij een verbinding wordt gelegd tussen (basis)scholen, pabo's en onderzoekers van de Radboud Universiteit en het Radboudumc.

Het WKRU legt deze verbinding tussen universiteit en het primair en voortgezet onderwijs door een samenwerking tot stand te brengen tussen onderzoekers en leraren. Daarbij wordt wetenschap letterlijk de klas in gebracht. De expertise van het WKRU ligt op het gebied van onderzoekend leren, een didactiek waarin een onderzoekende houding wordt gestimuleerd. In de afgelopen jaren heeft het WKRU daarom diverse materialen en hulpmiddelen ontwikkeld die leraren kunnen inzetten in hun klas. Op deze manier worden de verschillende werkvelden samengebracht en komen leraren en leerlingen in aanraking met wetenschap.

Activiteiten

Het WKRU biedt verschillende activiteiten aan voor leraren, scholen en onderzoekers. Zo gaan er elk jaar drie projectteams van leraren, studenten en onderzoekers aan de slag met het vertalen van wetenschappelijk onderzoek naar projecten onderzoekend leren in de klas. Daarnaast organiseert het WKRU jaarlijks de Winterschool, een professionaliseringsdag over wetenschap, wetenschapseducatie en onderzoekend leren. Gedurende het schooljaar worden er cursussen en studiemiddagen aangeboden over onderzoekend leren. Bij het project 'Onderzoeker in de klas' brengen wetenschappers een bezoek aan een klas op de basisschool. Voor VO-docenten is een netwerk opgericht, waarbinnen tweemaal per jaar een studiedag wordt georganiseerd. Meer activiteiten van het WKRU zijn te vinden op de website van het WKRU.

Onderzoek

Het WKRU houdt zijn expertise over onderzoekend leren continu up-to-date, zodat het leraren optimaal kan professionaliseren in het vormgeven van deze didactiek. Dit gebeurt onder andere door onderzoek te doen naar good practices. Hierover wordt gepubliceerd in vaktijdschriften voor het basis- en voortgezet onderwijs en in wetenschappelijke tijdschriften. Een overzicht van alle WKRU-artikelen is te vinden op de website.

www.wkru.nl

www.wetenschapdeklasin.nl

 [@wkru1](https://twitter.com/wkru1)

 <http://Inked.in/WKRU1>



KONINKLIJKE NEDERLANDSE
AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN

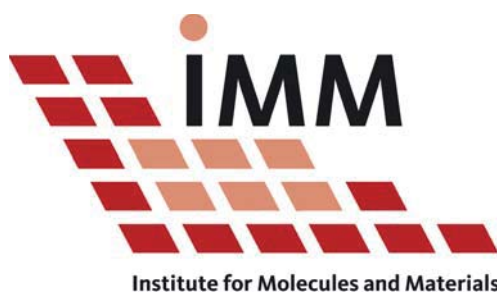
Radboud Universiteit



Radboudumc

Hogeschool  van Arnhem en Nijmegen

Institute for Molecular Life Sciences
Radboudumc



Faculteit der Letteren

Institute for Science, Innovation and Society

Foto- en illustratieverantwoording

Tenzij hieronder anders vermeld, zijn de foto's in deze uitgave gemaakt door het Wetenschapsknooppunt Radboud Universiteit © 2016 WKRU. Deze foto's vallen niet onder de Creative Commons Licentie, omdat op veel van de foto's leerlingen of door hen gemaakte materialen staan afgebeeld, waardoor geen toestemming voor hergebruik kan worden gegeven.

Inleiding

- De stappen van onderzoekend leren, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 10
- Symbolen van de zeven stappen van onderzoekend leren, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 12

Hoofdstuk 1

- Bij nieuwsgierigheid treden er veranderingen op in het brein, Publiek domein. p. 19
- Afbeelding informatiekloven CC BY SA 4.0 WKRU, samengesteld uit: p. 21
 - Cartoon Mark de Koning, CC BY-NC-SA 2.0.
 - De kloof tussen burger en bestuur door Marcel Hoogwout.

Hoofdstuk 2

- De stappen van onderzoekend leren, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 31
- Vragenmuur, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 36
- Mindmap, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 38

Hoofdstuk 3

- Portret van Michiel de Ruyter, door Ferdinand Bol, 1667, Mauritshuis, Publiek domein. p. 52
- De Hollandse Leeuw (Leo Hollandicus), door Nicolao Iohannis Visscher, 1622. Foto M. Franssen, Publiek domein. p. 54
- Portret van Willem IV, door Jacob Houbraken, Jacques-André-Joseph Aved en Isaak Tirion, 1753, Rijksmuseum, Publiek domein. p. 56
- Portret van Michiel de Ruyter, door Ferdinand Bol, 1667, Mauritshuis, Publiek domein. p. 57
- Napoleon steekt de Grote St. Bernardpas over, door Jacques-Louis David, 1801. p. 59
- The Yorck Project: 10.000 Meisterwerke der Malerei, Publiek domein. p. 59
- Titelblad van het boek De Hollandsche natie van Jan Frederik Helmers, 1814, Publiek domein. p. 60
- Heruitgave van Helmers' De Hollandsche natie, 2009 © Uitgeverij Vantilt. p. 60
- Oranjesupporters tijdens een wedstrijd van het Nederlands elftal, CC BY SA 3.0 Dmitriy Neymyrok. p. 61
- De Nederlandse vlag, CC BY-SA 4.0 Wouter Engler. p. 62
- Lotte Jensen, foto Jörgen Caris. p. 62
- Verzet tegen Napoleon, © 2013 Uitgeverij Vantilt. p. 63
- Portret van Willem van Oranje, door Adriaen Thomasz Key, c. 1579, Mauritshuis, Publiek domein. p. 64
- Portret van Jan Frederik Helmers, bron RKD – Nederlands Instituut voor Kunstgeschiedenis, Den Haag. p. 65
- Raam bij basisschool de Peppels tijdens het project, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 68
- Factsheet Epke Zonderland, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 75
- Onderzoeksplan, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 85

Hoofdstuk 4

- De robot Asimo, CC BY-SA 3.0 Vanillase. p. 91
- Communicatie in het lab, © 2013 by National Academy of Sciences. p. 92
- Hersenactiviteit tijdens een communicatief signaal, © 2013 National Academy of Sciences. p. 95
- Weergave van de hersenschade aan de prefrontaal kwab, © 2015 Elsevier. p. 96
- Ivan Toni, archief Ivan Toni. p. 97
- Bedenken van een communicatieve boodschap, ©2014 Arjen Stolk. p. 98
- Anatomie van de hersenen, CC BY 2.0 Allan Ajifo. p. 99
- Sociale ervaring, © 2013 Stolk et al. p. 101
- Twee fribbles, CC BY NC SA 3.0 Micheal J. Tarr. p. 108
- Onderzoeksplan, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 119

Hoofdstuk 5

- Normaal zicht, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 124
- Maculadegeneratie, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 124
- Afbeelding van het oog CC BY SA 4.0 WKRU, samengesteld uit: p. 125
 - Doorsnede van een oog, CC BY 3.0 Blausen.com staff. "Blausen gallery 2014". Wikiversity Journal of Medicine. DOI:10.15347/wjm/2014.010. ISSN 20018762.
 - Doorsnede van een oog, CC0 1.0 Häggström, Mikael. "Medical gallery of Mikael Häggström 2014". Wikiversity Journal of Medicine 1 (2). DOI:10.15347/wjm/2014.008. ISSN 20018762.
- Microscopische opname van een afweercel, CC BY Volker Brinkmann. p. 126
- Anneke den Hollander, archief Anneke den Hollander. p. 128
- Carel Hoyng, archief Carel Hoyng. p. 128
- De chromosomen van een vrouw in een karyogram, CC BY-SA 3.0 Piolinfax. p. 130
- De structuur van DNA, CC BY-SA 3.0 Zephyris. p. 131
- Normaal zicht, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 146
- Maculadegeneratie, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 146
- Retinis pigmentosa, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 146
- Camera obscura, CC BY-SA 3.0, Josemanuel. p. 152
- Cataract, National Eye Institute, National Institutes of Health, Publiek domein. p. 155
- Jurk, bron: swiked.tumblr.com. p. 155
- Onderzoeksplan, CC BY SA 4.0 WKRU. p. 157

De uitgever heeft uiterste zorgvuldigheid betracht in het achterhalen van de auteursrechten van het illustratiemateriaal in deze uitgave. Mocht u van mening zijn (auteurs)rechten te kunnen doen gelden op illustratiemateriaal in deze uitgave, dan verzoeken wij u om contact op te nemen met de uitgever.