



Bachelorproef Oogzorg

Gezondheidszorg

ACADEMIEJAAR
2021-2022

Effecten van zwembadwater op het voorste oogsegment

AMY LANDAU

Interne begeleider: Viviane De Vries

Externe begeleider: Dr. Michel Van Lint

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Desinfectie van zwembadwater	5
2.1	Desinfectiemethode	5
2.2	Desinfectiemiddelen op basis van chloor	5
2.3	Desinfectiemiddelen op basis van broom	6
2.4	Overige desinfectiemethoden.....	6
2.5	Oculaire bijwerkingen van desinfectiemiddelen.....	6
3	Desinfectiebijproducten.....	7
3.1	Beïnvloedende factoren op de vorming van DBP's.....	8
3.2	Oculaire bijwerkingen van DBP's.....	8
4	Blootstelling aan zwembadchemicaliën.....	9
4.1	Directe inname	9
4.2	Inademing.....	9
4.3	Huid- en weefselcontact.....	10
5	Verspreiding van micro-organismen in zwembadwater	10
5.1	Bacteriën	11
5.2	Virussen	12
5.3	Protozoa	12
5.4	Schimmels.....	14
6	Conjunctivitis.....	14
7	Keratitis.....	15
8	Oculaire symptomen ten gevolge van zwembaden	16
9	Conclusie	18
10	Bibliografie.....	19
11	Lijst van afkortingen	22

1 Inleiding

Zwemmen is een van de populairste wateractiviteiten in geïndustrialiseerde landen door de vele gezondheidsvoordelen. Tijdens drukke perioden kan de kwaliteit van zwembadwater en bijgevolg de gezondheid van de mens in gedrang komen. Daarom is het noodzakelijk om zwembadwater voldoende te desinfecteren en zo de verspreiding van microbiële infecties en ziekten te voorkomen.

De onderzoeksvraag van deze Bachelorproef luidt als volgt: *'Wat zijn de effecten van zwembadwater op het voorste oogsegment?'*. De literatuurstudie bespreekt de chemische en microbiële gevaren van zwembadwater en hun oculaire bijwerkingen. Er wordt ook een opsomming gegeven van alle zwembadwater gerelateerde oculaire symptomen. In de praktijkstudie worden de bijwerkingen van zwembadwater op het voorste oogsegment op proefondervindelijke wijze onderzocht.

Haag & Gieser (1983) en Ishioka et al. (2008) hebben reeds onderzoek uitgevoerd naar de corneale bijwerkingen van zwembadwater. Mood et al. (1951) onderzochten al eerder de oculaire bijwerkingen. Deze onderzoeken zijn verouderd en richten zich voornamelijk op de neveneffecten van desinfectieproducten van zwembadwater. Het onderzoek van Ahmad (2018) gaat in op pathologische micro-organismen die zich via water verspreiden en hun oculaire bijwerkingen.

Het doel van dit onderzoek is om zwemmers, badmeesters, zwembaduitbaters en oftalmologische professionals te informeren en sensibiliseren over de mogelijke gevaren van zwembadwater op de ogen. Met deze kennis kunnen door alle partijen doeltreffende voorzorgsmaatregelen genomen worden.

Ik wil mijn interne begeleider, mevrouw Viviane De Vries, danken voor haar behulpzame feedback en steun. Ook mijn externe begeleider, oogarts Dr. Michel Van Lint, wil ik bedanken voor zijn hulp, tijd en bijdrage aan de praktijkstudie.

2 Desinfectie van zwembadwater

2.1 Desinfectiemethode

De belangrijkste chemicaliën die gebruikt worden tijdens het desinfectieproces van zwembadwater zijn chemische desinfectiemiddelen. Deze worden toegevoegd om de microbiële waterkwaliteit te onderhouden en zo de verspreiding van infecties en ziekten te voorkomen (*World Health Organisation* (WHO), 2006). De meest gebruikte chemische desinfectiemiddelen zijn op basis van chloor en broom. In sommige gevallen gebruikt men chloordioxide (Teo et al., 2015; WHO, 2006). Tenslotte kan er gebruik gemaakt worden van bepaalde technologieën ter desinfectie van zwembaden zoals ozon, ultravioletstraling (UV-straling) en elektrochemisch gegenereerde gemengde oxidanten (EGMO's) (Carter & Joll, 2017; Teo et al., 2015).

De *World Health Organisation* (WHO, 2006) maakt een onderscheid tussen desinfectiemiddelen en -systemen die gebruikt worden in grote en veel gebruikte zwembaden, kleinere zwembaden en bubbelbaden en tenslotte kleinschalige en huishoudelijke zwembaden. Deze literatuurstudie legt de nadruk op de meest voorkomende desinfectiemiddelen, namelijk van grote en veel gebruikte zwembaden.

2.2 Desinfectiemiddelen op basis van chloor

Chlorering is wereldwijd de meest gebruikte methode voor de microbiële desinfectie van zwembadwater. Het wordt toegevoegd onder verschillende vormen: chloorgas, calcium-, natrium- en lithiumhypochloriet, dichloorisocyanuraten of trichloorisocyanuraten. Deze worden allemaal onder de term 'chloor' benoemd (Teo et al., 2015). Chloorbehandeling wordt vooral gebruikt in grote, veel gebruikte zwembaden (WHO, 2006).

Het voordeel van chloorbehandeling is dat het zorgt voor een snelle en langdurige desinfectie van het zwembadwater. Het nadeel is dat chloor door de reactie met organische en anorganische stoffen een hele reeks desinfectiebijproducten (DBP's) kan produceren. Tegenwoordig gebruikt men steeds vaker andere methoden zoals ozon gevolgd door chloor en EGMO's in de plaats van chloor om de vorming van DBP's tot een minimum te beperken (Lee et al., 2010). DBP's komen verder in de literatuurstudie aan bod.

Het waterbehandelingsproces loopt wereldwijd sterk uiteen, evenals de concentraties chemicaliën die momenteel aanvaardbaar worden geacht. Het is belangrijk om een aanvaardbaar niveau van maximale concentraties aan desinfectiemiddelen te stellen ter bescherming en comfort van de zwemmers en het personeel van het zwembadgebouw (WHO, 2006). De WHO heeft in 2006 richtlijnen opgesteld voor de concentraties van ontsmettingsmiddelen. Er wordt aanbevolen dat de concentratie vrij chloor, of ook wel 'niet-gecombineerd chloor', niet meer dan 3 mg/L mag bedragen in openbare en semi-openbare zwembaden (WHO, 2006). Incorrect gebruik van chloor, zoals hogere concentraties, kan oculaire bijwerkingen zoals allergie, irritatie en beschadiging van het oog en de traanfilm teweegbrengen. Deze kunnen leiden tot conjunctivitis (Maulud et al., 2020), dat uitvoerig wordt besproken in onderdeel Conjunctivitis.

2.3 Desinfectiemiddelen op basis van broom

Broom wordt vooral toegevoegd onder de vorm van broomchloordimethylhydantoïne (BCDMH). Soms gebruikt men broom onder de vorm van natriumbromide met een oxidatiemiddel (meestal hyperchloriet) (Teo et al., 2015).

Water dat ontsmet is met broom, is vier keer meer genotoxisch dan water dat ontsmet wordt met chloor of UV-straling (Teo et al., 2015; WHO, 2006). Hierdoor heeft de WHO een maximum concentratie van 5 mg/L voor het totale broomgehalte in openbare en semi-openbare zwembaden opgelegd (WHO, 2006). Andere nadelen zijn dat met broom behandelde zwembaden een vertraagd waterbehandelingsproces hebben (Teo et al., 2015). Daarenboven wordt broom snel uitgeput in zonlicht (WHO, 2006). Hierdoor zijn op broom gebaseerde desinfectiemiddelen over het algemeen niet praktisch voor openluchtzwembaden (WHO, 2006).

2.4 Overige desinfectiemethoden

Chloordioxide wordt niet geclassificeerd als een op chloor gebaseerd desinfectiemiddel. Chloordioxide hydrolyseert niet in water, waardoor het, door middel van oxidatie, afbreekt tot chloriet en chloraat. Chloriet en chloraat blijven achter als opgelost gas en fungeren als een DBP. Hierdoor produceert chloordioxide geen vrij chloor (Carter & Joll, 2017; WHO, 2006).

Ozon en UV-straling zuiveren het zwembadwater door micro-organismen te deactiveren of doden, terwijl het door de technische ruimte stroomt. Echter is hier geen blijvend ontsmettingsmiddel in het water dat blijft inwerken op chemicaliën en micro-organismen. Hierdoor worden ozon en UV-ontsmettingsmiddelen in het algemeen in combinatie met een ontsmettingsmiddel op chloor- of broombasis gebruikt om een residueel ontsmettingsmiddel te bekomen (Teo et al., 2015; WHO, 2006).

EGMO desinfectie wordt bereikt door elektrische stroom toe te passen op water met een hoog chloorgehalte om zo verscheidene oxidanten te produceren. Dit wordt ook wel elektrolyse genoemd (Carter & Joll, 2017). Chloor in de vorm van hypochlorig zuur (HOCl) is de primaire oxidant die hier wordt geproduceerd (Lee et al., 2010).

2.5 Oculaire bijwerkingen van desinfectiemiddelen

Uit het onderzoek van Fernández-Luna et al. (2016) blijkt dat er meer symptomen zoals oogirritatie, huidirritatie en een droge huid optreden in enkel met chloor behandelde zwembaden in tegenstelling tot zwembaden waar een combinatie van chloor of broom met ozon, UV-straling of EGMO worden toegepast. Met EGMO behandelde zwembaden hadden de laagste gerapporteerde gezondheidsproblemen van alle onderzochte zwembaden (Fernández-Luna et al., 2016).

Uit het onderzoek van Haag & Gieser (1983) blijkt dat zwemmen vaak roodheid, jeuk en irritatie van de ogen veroorzaakt. Bij het oogheelkundig onderzoek kunnen in dergelijke gevallen oppervlakkige punctate keratitis en conjunctivale en pericorneale injectie worden gevonden. Verantwoordelijke factoren hiervoor zijn chloor en van chloor afgeleide verbindingen, pH, stoffen geïntroduceerd door filtratie en mechanische verstoring van de traanfilm en het cornea epitheel (Haag & Gieser, 1983).

Ishioka et al. (2008) onderzochten het effect van chloor op het cornea epitheel. De resultaten toonde een toename van de fluoresceïne en Bengaals roze kleuring van het cornea epitheel, beschadiging van de cel-tot-cel verbinding en tenslotte oedeem van oppervlakkige en basale epitheelcellen. Dit

schadelijk effect is echter tijdelijk aangezien de proefpersonen de volgende dag niet klaagden over subjectieve symptomen.

3 Desinfectiebijproducten

Desinfectiebijproducten of ook wel *disinfection by-products* (DBP's) kunnen gevormd worden wanneer desinfectiemiddelen voor zwembadwater zoals chloor of broom in contact komen met organische stoffen (Akinola et al., 2020; Teo et al., 2015; WHO, 2006). Er zijn twee groepen van organische stoffen die leiden tot de vorming van DBP's in zwembaden. Ten eerste, het organisch materiaal uit het bronwater. Ten tweede, lichamelijke bestanddelen van zwemmers zoals urine, zweet, neus en keelholte afscheidingen, huidlipiden, haar, cosmetica, zonnebrandmiddelen en andere persoonlijke verzorgingsproducten (Akinola et al., 2020; Teo et al., 2015). Een langere contacttijd tussen ontsmettingsmiddelen zoals chloor of broom en organische stoffen, van voornamelijk zwemmers, leidt tot een hogere vorming van DBP's. Zwemmers zijn dus een belangrijke bron van DBP's in een zwembadomgeving (Manasfi et al., 2017; Teo et al., 2015).

De meest voorkomende DBP's in met chloor behandelde zwembaden zijn haloazijnzuren (HAA's), trihalomethanen (THM's), chlooramines en haloacetonitrillen (HAN's) (Manasfi et al., 2017). Lee et al. (2010) voegt hier nog chloraalhydraat (CH) aan toe. Overige klassen van DBP's zijn N-nitrosaminen, haloacetaldehyden (HAL's) (Manasfi et al., 2017), halobenzochinonen (HBQ's) en halonitromethanen (HNM's) (Teo et al., 2015).

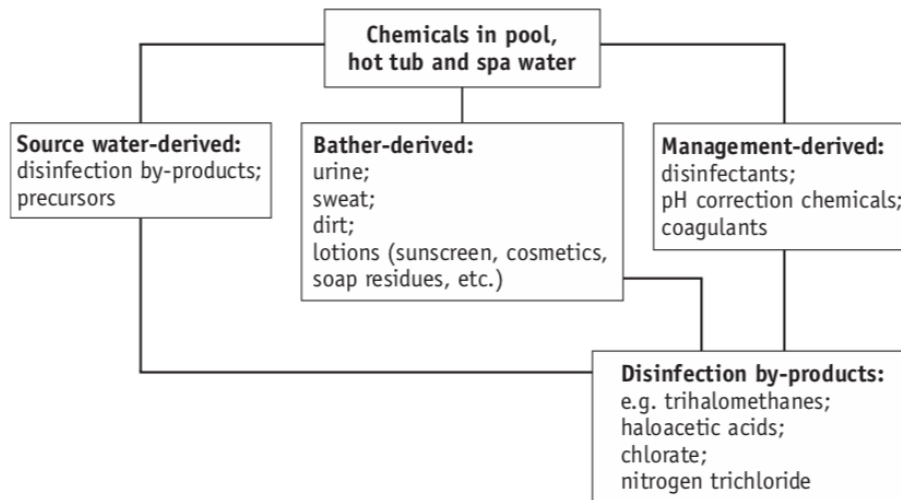
HAA's en THM's zijn in de grootste concentraties aanwezig in zwembaden (Simard et al., 2013; Teo et al., 2015) en tevens de meest gerapporteerde klassen van DBP's in de literatuur (Carter & Joll, 2017). HAA's worden het meest gedetecteerd in zwembadwater terwijl THM's, met name chloroform, het meest gedetecteerd worden in zwembadlucht (Carter & Joll, 2017). Dit komt doordat THM's vluchtigere verbindingen hebben in tegenstelling tot HAA's (Manasfi et al., 2017).

Naast THM's zijn chlooramines ook vluchtige DBP's die in grote concentraties in zwembadlucht worden gevonden (Manasfi et al., 2017). Ongeacht het type zwembad of de desinfectiemethode, is trichlooramine over het algemeen de overheersende chlooramine, gevolgd door di- en monochlooramine (Carter & Joll, 2017). Trichlooramine is vier keer vluchtiger dan chloroform en wordt gevormd door precursoren zoals ureum, ammoniumionen, aminozuren en creatinine afkomstig van zwemmers (Schmalz et al., 2011).

THM's zijn de enige klasse van DBP's waarvoor een regelgeving bestaat voor de aanwezige concentratie in zwembadwater. De WHO (2006) beveelt een maximumconcentratie van 100 mg/L THM's aan voor alle soorten zwembaden. In België bedraagt de maximumwaarde voor chloroform eveneens 100 mg/L (Simard et al., 2013).

3.1 Beïnvloedende factoren op de vorming van DBP's

De aanwezigheid en concentraties van DBP's zijn afhankelijk van verschillende belangrijke factoren. Figuur 1, opgesteld door het WHO (2006), is een visuele representatie van enkele factoren die een invloed hebben op de vorming van DBP's zoals het bronwater, lichamelijke bestanddelen van zwemmers en het gebruikte ontsmettingsmiddel. Andere factoren zijn het type zwembad, de dosering van het gebruikte ontsmettingsmiddel, de temperatuur en pH van het water, de blootstelling aan zonlicht en wind (bij buitenzwembaden) en het aantal zwemmers (Akinola et al., 2020; Simard et al., 2013; Teo et al., 2015).



Figuur 1: Mogelijke zwembadwaterverontreinigingen in zwembaden en soortgelijke omgevingen (WHO, 2006)

Hansen (2013) heeft een onderzoek gedaan naar de verschillende methoden om zoveel mogelijk precursoren en DBP's in zwembadwater te voorkomen, minimaliseren en waar mogelijk te verwijderen. De methoden binnen deze strategie waren: douchen voor het zwemmen, het gebruik van filters, ozon, actieve kool, UV-behandeling en parameters (zoals de pH en temperatuur) van het zwembadwater verlagen.

Volgens Hansen (2013) ligt het ideale pH-bereik voor zwembadwater tussen pH 7,0 en pH 7,2. Binnen dit bereik wordt de vorming van DBP's op verschillende manieren beïnvloed. De vorming van THM's neemt toe bij stijgende pH, terwijl de vorming van HAN afneemt en vice versa. Volgens de studie van Mood et al. (1951) resulteert een pH van 7,0 in meer oogirritatie dan een pH van 8,0.

3.2 Oculaire bijwerkingen van DBP's

Zwemmers, badmeesters en zweminstructeurs van overdekte zwembaden kunnen worden blootgesteld aan hoge concentraties DBP's. Talrijke studies hebben de toxicologische effecten, met name genotoxiciteit, carcinogeniteit en effecten op de voortplanting, van DBP's onderzocht. Nitrogene DBP's brengen de menselijke gezondheid het meest in gedrang vanwege hun hogere genotoxiciteit, cytotoxiciteit en carcinogeniteit (Manasfi et al., 2017).

Hoge concentraties THM's in de lucht worden door Bowen et al. (2007) in verband gebracht met symptomen zoals oogirritatie, keelpijn, niezen, hoesten en benauwdheid op de borst. De specifieke oculaire symptomen van dit onderzoek worden besproken in onderdeel Oculaire symptomen ten gevolge van zwembaden.

Daarnaast worden chlooramines door zowel Teo et al. (2015) alsook Florentin et al. (2011) ervan verdacht een belangrijke rol te spelen bij het veroorzaken van huid- en oogirritatie bij zwemmers. Florentin et al. (2011) vermelden hierbij specifieke allergische symptomen zoals conjunctivitis. Tenslotte halen ook Schmalz et al. (2011) aan dat voornamelijk trichlooramine wordt gesuggereerd om irritatie van de ogen te veroorzaken. Precieze klinische kenmerken en/of symptomen van oogirritatie worden door Schmalz et al. (2011) verder niet besproken.

4 Blootstelling aan zwembadchemicaliën

Er zijn drie belangrijke routes van blootstelling aan chemicaliën in zwembaden: de directe inname van het water, de inademing van vluchtige opgeloste stoffen en via huidcontact en absorptie door de huid (Carter & Joll, 2017; La Rosa et al., 2015; WHO, 2006). Florentin et al. (2011) maken bij het zwembadpersoneel een onderscheid tussen inname van DBP's via inademing of via contact met het oogslimvlies.

Volgens de studie van Chowdhury (2015) is de gemiddelde duur van het verblijf in een zwembad 40 tot 85 minuten per zwembeurt, wat ook een invloed heeft op het volume van chemicaliën die in de bloedbaan kunnen gevonden worden.

4.1 Directe inname

De hoeveelheid water die zwembadgebruikers via directe inname, ook wel inslikken, binnenkrijgen is afhankelijk van enkele factoren zoals leeftijd, type activiteit (Florentin et al., 2011) en zwemervaring (WHO, 2006).

De gemiddelde waterinname van kinderen ligt hoger dan die van volwassenen. Daarnaast ligt de inname van zowel jonge als volwassen mannen hoger dan die bij vrouwen (WHO, 2006). Volgens het onderzoek van Schets et al. (2011) ligt de inname van zwembadwater voor mannen op 27-34 ml per zwembeurt, voor vrouwen op 18-23 ml en kinderen op 31-51 ml per zwembeurt.

4.2 Inademing

Zwemmers inhaleren vluchtige THM's zoals chloroform via de atmosfeer boven het wateroppervlak of via de lucht in het gehele zwembadgebouw (Florentin et al., 2011). Ongeveer 99% van de gezondheidsrisico's als gevolg van blootstelling aan THM's is te wijten aan de inademing van chloroform (Carter & Joll, 2017). In openluchtwembaden is de concentratie van zwembadchemicaliën in de atmosfeer boven het wateroppervlak aanzienlijk verdund (WHO, 2006).

Het volume van de ingeademde lucht heeft een individuele variatie die afhankelijk is van factoren zoals zwemervaring, leeftijd, vaardigheid en het type, niveau, intensiteit en duur van de inspanning (WHO, 2006). Ook de wijze van inademen (nasaal of oraal) heeft een invloed op het volume van DBP's in de ademhalingswegen (Florentin et al., 2011).

4.3 Huid- en weefselcontact

Transport van DBP's via de huid is een belangrijke blootstellingsroute voor zwemmers (van Veldhoven et al., 2018). Hoge concentraties van huid penetrerende en vluchtige DBP's zoals THM's komen in de bloedbaan terecht en geven een verhoogd risico op de menselijke gezondheid (Chowdhury, 2012; van Veldhoven et al., 2018). Carter & Joll (2017) vermelden dat broomhoudende THM's meer permeabel zijn door de menselijke huid dan chloorhoudende THM's.

De huid bestaat uit een buitenste laag en de lederhuid. De buitenste laag bestaat op zijn beurt uit twee hoofdlagen: stratum corneum en stratum germinativum. Het stratum corneum is in de meeste delen van het lichaam zeer dun en uniform, maar biedt tevens ook de meeste bescherming tegen het binnendringen van chemicaliën door de menselijke huid (Chowdhury, 2012). De mate van opname van DBP's door de huid is afhankelijk van een aantal factoren zoals de contactduur met het water, de temperatuur van het water en de concentratie van chemische stoffen (WHO, 2006).

Airborne contact dermatitis (ABCD) is een ontstekingsreactie van de huid die veroorzaakt wordt door bepaalde deeltjes in de lucht. ABCD kan ingedeeld worden in allergische contactdermatitis (ACD) of irriterende contactdermatitis (ICD). ACD is een overgevoelighedsreactie van het lichaam op een specifiek antigeen. ICD is een niet-allergische ontstekingsreactie op een fysisch of chemisch irriterende stof, hetzij in de lucht of via direct contact. De huidletsels van ICD blijven beperkt tot de initiële plaats van blootstelling (Schloemer et al., 2015).

De bovenoogleden zijn vaak aangetast bij ABCD aangezien de huid van de oogleden zeer dun is, waardoor chemicaliën gemakkelijk kunnen binnendringen. Daarnaast kunnen bepaalde irriterende stoffen in de lucht zich gemakkelijk afzetten op het bovenste ooglid terwijl het oog gesloten is en dan ingesloten worden wanneer het oog geopend wordt (Schloemer et al., 2015).

5 Verspreiding van micro-organismen in zwembadwater

Er komen allerlei diverse micro-organismen, al dan niet pathogeen, op verschillende manieren in het zwembadwater terecht. Naargelang de besmettingsbron kan het om zowel zoönotische als uitsluitend menselijke ziekteverwekkers gaan. De directe bron bij menselijke ziekteverwekkers is in het algemeen een andere zwemmer die het zwembad met een geïnfecteerde zwemmer heeft gedeeld (Barna & Kádár, 2012). De verspreiding van ziekteverwekkende micro-organismen zoals bacteriën, virussen, protozoa en schimmels kan onderverdeeld worden in fecale verontreiniging en niet-fecale verontreiniging (WHO, 2006).

De meeste ziekteverwekkers die via water overgedragen worden, zijn van fecale oorsprong aangezien water een uitstekend medium is voor deze micro-organismen (Barna & Kádár, 2012). Fecaliën komen in het water terecht wanneer een zieke of asymptomatische drager zich per ongeluk ontlast (gevormde ontlasting of diarree) of wanneer restanten fecaal materiaal op het lichaam van zwemmers in het zwembad worden gespoeld (Barna & Kádár, 2012; La Rosa et al., 2015; WHO, 2006). Ook bronwater dat verontreinigd is met fecaliën vormt een infectiegevaar (Ekopai et al., 2017; WHO, 2006).

De meeste symptomen veroorzaakt door een ziekteverwekker van fecale oorsprong hebben een enterische aard die al dan niet kan evolueren tot verschijnselen in andere organen. Sommige micro-organismen geven aanleiding tot andere ziekten met ernstige gegeneraliseerde of gelokaliseerde neurologische, cardiologische, respiratoire of andere verschijnselen (Barna & Kádár, 2012).

Een andere bron van water gerelateerde microbiële verontreiniging is niet-fecale menselijke uitscheiding zoals braaksel, slijm, speeksel of huidschilfers (Ekopai et al., 2017; La Rosa et al., 2015; WHO, 2006).

Bepaalde aquatische bacteriën en amoeben kunnen groeien in zwembadwater, de voorzieningen van de faciliteit (verwarmings-, ventilatie- en airconditioningsystemen), de leidingwaternetwerken of op andere natte oppervlakken (Ekopai et al., 2017; WHO, 2006). Dit kan leiden tot (huid)infecties bij andere zwemmers indien zij met de besmette oppervlakken of het besmette water in contact komen. Dit geldt vooral voor niet-fecaal afgeleide micro-organismen (WHO, 2006).

Als het zwembadwater onvoldoende wordt gereinigd en onderhouden, kan besmetting met bepaalde pathogene micro-organismen tot diverse infecties of ziekten leiden (Ekopai et al., 2017; WHO, 2006). Voorbeelden van water gerelateerde infectie- en ziekte-uitbraken zijn gastro-enteritis, conjunctivitis, keratitis, giardiasis, cryptosporidiose en overige infecties van de ademhalingswegen, de huid en/of het centrale zenuwstelsel (Ekopai et al., 2017). Water gerelateerde oogziekten zijn meestal mild en zelflimiterend, maar kunnen in sommige situaties zoals bij immunodeficiëntie of zeer hoge leeftijd verwoestend en verblindend zijn (Ahmad, 2018).

5.1 Bacteriën

Twee verwante enteropathogene bacteriën die verantwoordelijk zijn voor uitbraken van bepaalde ziekten tijdens het zwemmen zijn *Shigella* en *Escherichia coli* O157 (Pinaud et al., 2018; WHO, 2006). Enteropathogene bacteriën zijn bacteriën die in het maagdarmkanaal terechtkomen en verschillende vormen van gastro-enteritis veroorzaken (Pinaud et al., 2018). Daarnaast zijn ze meestal van fecale oorsprong en vaak te wijten aan ernstige tekortkomingen van de waterbehandeling (Barna & Kádár, 2012).

Shigella veroorzaakt shigellose met symptomen zoals abdominaal ongemak, diarree, koorts en misselijkheid. *Escherichia coli* O157 veroorzaakt symptomen zoals diarree, die kan overgaan in bloederige diarree, braken, koorts en in ernstigere gevallen het hemolytisch uremisch syndroom (HUS) (Barna & Kádár, 2012; WHO, 2006). HUS is levensbedreigende aandoening waarbij hemolytische anemie en nierfalen optreedt. Ongeveer 2-8% van de personen ontwikkelt dit syndroom na een infectie met *Escherichia coli* O157 (Barna & Kádár, 2012).

Enteropathogene bacteriën zoals *Shigella* en *Escherichia coli* O157 worden gemakkelijk geëlimineerd met chloor en andere desinfectiemiddelen (Barna & Kádár, 2012; WHO, 2006). Soms zijn er andere maatregelen nodig zoals het evacueren van het zwembad (WHO, 2006).

Voorbeelden van niet-enterische pathogene bacteriën in zwembadwater zijn *Legionella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mycobacterium*, *Staphylococcus aureus* en *Leptospira* (Barna & Kádár, 2012; WHO, 2006). *Staphylococcus aureus* kan bij sommige personen aangetroffen worden op de huid en neusslijmvliezen en dient in deze gevallen als microflora. Via deze personen wordt het steeds uitgescheiden bij onderdompeling in het zwembadwater. Wanneer de bacterie het lichaam binnendringt, kunnen huid-aandoeningen, wond-aandoeningen, conjunctivitis en overige infecties veroorzaakt worden (Barna & Kádár, 2012). Zie onderdeel Conjunctivitis voor meer informatie over bacteriële conjunctivitis.

Pseudomonas aeruginosa is, op *Cryptosporidium* na, de meest voorkomende ziekteverwekker in zwembaden en spa's in de Verenigde Staten (Barna & Kádár, 2012). Het kan zich aanpassen aan diverse omgevingsfactoren, waaronder water en verschillende niches van het menselijk lichaam (WHO, 2006). *Pseudomonas aeruginosa* is wereldwijd de meest voorkomende oorzaak van bacteriële

keratitis (Lakhundi et al., 2017; Pippin & Le, 2022). Kinderen zijn door hun langdurig contact met water en frequente onderdompelingen van het hoofd vatbaarder voor het oplopen *Pseudomonas aeruginosa*-infecties (Schets et al., 2011).

5.2 Virussen

Virussen kunnen zich niet vermenigvuldigen in water, wat impliceert dat hun aanwezigheid het gevolg is van directe besmetting (La Rosa et al., 2015; WHO, 2006). Er zijn zes soorten enterische virussen die na infectie kunnen uitgescheiden worden in zwembadwater: adenovirus, astrovirus, enterovirus, rotavirus, norovirus en hepatitis A-virus (WHO, 2006). Adenovirussen kunnen lange perioden en met hoge stabiliteit in water overleven (Maulud et al., 2020). Sommige typen adenovirussen veroorzaken conjunctivitis en keratitis die in 75% van de gevallen asymptomatisch optreden. In extreme gevallen treden er stromale corneale vertroebelingen op (Ahmad, 2018). Zie onderdelen Conjunctivitis en Keratitis voor meer informatie over virale conjunctivitis en keratitis.

Een verscheidenheid van niet-enterische virussen kunnen ook in het zwembadwater terechtkomen via de huid, secreties en excreties van geïnfecteerde personen (La Rosa et al., 2015). Voorbeelden van niet-enterische pathogene virussen zijn molluscipoxvirus, humaan papillomavirus (HPV) en bepaalde typen van het adenovirus (WHO, 2006). Niet-enterische adenovirussen hebben dezelfde oculaire effecten zoals enterische adenovirussen (WHO, 2006).

HPV's infecteren de basale epitheliale cellen van de huid- of slijmvliezen. De infecties kunnen in twee groepen verdeeld worden, afhankelijk van het genotype van het virus. Genotypes met een laag risico infecteren het keratine-oppervlak van de huid en veroorzaken wratten en goedaardige laesies. Genotypes met een hoog risico infecteren de slijmvliezen van de mond, keel, luchtwegen en anogenitale tractus. Zij kunnen leiden tot baarmoederhalskanker en andere slijmvlies-, anogenitale en hoofd-halskankers. In de meeste gevallen is de infectie van voorbijgaande aard en elimineren de individuen de virussen zonder enige klinische manifestatie (Fernandes et al., 2013).

De meeste HPV-infecties worden overgedragen door direct contact met de huid of slijmvlies, tijdens intiem contact van de genitaliën of andere geïnfecteerde slijmvliesoppervlakken.

Geslachtsgemeenschap is dus niet noodzakelijk een voorwaarde voor genitale HPV-infectie, maar is wel de meest voorkomende oorzaak (Fernandes et al., 2013; Martínez & Troconis, 2014).

Volgens de studie van Meyers et al. (2014) blijven bepaalde HPV's, met name HPV16, stabiel en nog steeds besmettelijk na desinfectie van oppervlakken met veelvoorkomende desinfectiemiddelen. Deze hoge resistentie ondersteunt de resultaten van andere onderzoeken zoals die van Fernandes et al. (2013) en Martínez & Troconis (2014) dat niet-seksuele transmissie van HPV mogelijk is.

5.3 Protozoa

Belangrijke enterische protozoa die ziekte-uitbraken in zwembaden veroorzaken, zijn *Cryptosporidium* en *Giardia duodenalis*. Beide organismen hebben een cyste of oöcystevorm die zeer resistent is tegen omgevingsstress en desinfectiemiddelen, waaronder chloor (Barna & Kádár, 2012; WHO, 2006). Daarnaast hebben ze een lage infectiedosis en worden ze in hoge consistenties door besmette personen uitgescheiden (WHO, 2006).

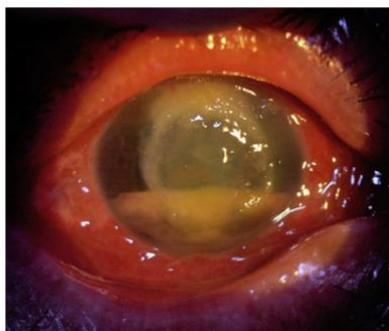
De oöcyten kunnen gedeactiveerd worden met een bepaalde hoeveelheid chloor. De kans op hiervan wordt vergroot indien er ook ozon, chloordioxide of UV-straling wordt gebruikt. *Cryptosporidium* kan bestreden worden met 30 mg/L chloor voor een tijdsduur van 240 minuten, op pH 7 en 25°C (WHO, 2006).

Niet-enterische pathogene protozoa zijn *Naegleria fowleri*, *Acanthamoeba* en *Plasmodium*. Vooral *Acanthamoeba* heeft ernstige oculaire gevolgen (WHO, 2006). *Acanthamoeba* komt voor in zoet water, zeewater, zwembaden, bubbelbaden, drinkwatersystemen, verwarmings-, ventilatie- en luchtbevochtigingssystemen (Ahmad, 2018). *Acanthamoeba* cysten zijn ontzettend resistent tegen extreme pH-bereiken, temperatuurschommelingen tot en met 40 °C (Behniafar et al., 2015), desinfectie en droogte (Behniafar et al., 2015; Esboei et al., 2020). *Acanthamoeba* kan twee klinische ziekten veroorzaken: granulomateuze amoebische encefalitis (GAE) en *Acanthamoeba* keratitis (AK) (Barna & Kádár, 2012; WHO, 2006).

Bij GAE treedt er een subacute of chronische infectie van het centrale zenuwstelsel op (Barna & Kádár, 2012; Kalra et al., 2020). Kenmerkend zijn de neurologische symptomen zoals lage koorts, hoofdpijn, misselijkheid en hersenvliesontsteking. Progressieve symptomen zijn ataxie, hallucinaties, diplopie en pareses van de craniale zenuwen (Kalra et al., 2020). Wereldwijd zijn er slechts 60 cases gerapporteerd, wat het een zeer zeldzame ziekte maakt (WHO, 2006). Immuungecompromitteerde personen die gebruik maken van zwembaden, hebben een verhoogd risico op GAE (Barna & Kádár, 2012).

AK is een ernstige infectie van de cornea die vooral opgelopen wordt door contactlensdragers (Behniafar et al., 2015; Esboei et al., 2020). Slechte contactlenshygiëne is een belangrijke risicofactor op het ontwikkelen van AK. Het dragen van contactlenzen tijdens zwemmen, onvoldoende desinfectie van het zwembadwater en contact met besmet water verhogen aanzienlijk het risico op infectie door *Acanthamoebae* (Ahmad, 2018; Behniafar et al., 2015; Esboei et al., 2020).

Ringvormige infiltraten in het hoornvliesstroma, satellietlaesies, stromaal oedeem en vertroebeling, scleritis en hoornvliesverdunding met verlies van het membraan van Descemet zijn kenmerkend voor AK (Ahmad, 2018). Symptomen zijn verhoogde traanproductie, fotofobie, wazig zien en ondraaglijke oogpijn (Behniafar et al., 2015). Indien het onbehandeld blijft, kan AK leiden tot permanente blindheid (Esboei et al., 2020). Meestal wordt één oog aangetast, maar er zijn gevallen van een bilaterale infectie (Behniafar et al., 2015). Figuur 2 is een weergave van het voorste oogsegment bij ernstige AK bij een 57-jarige patiënt.



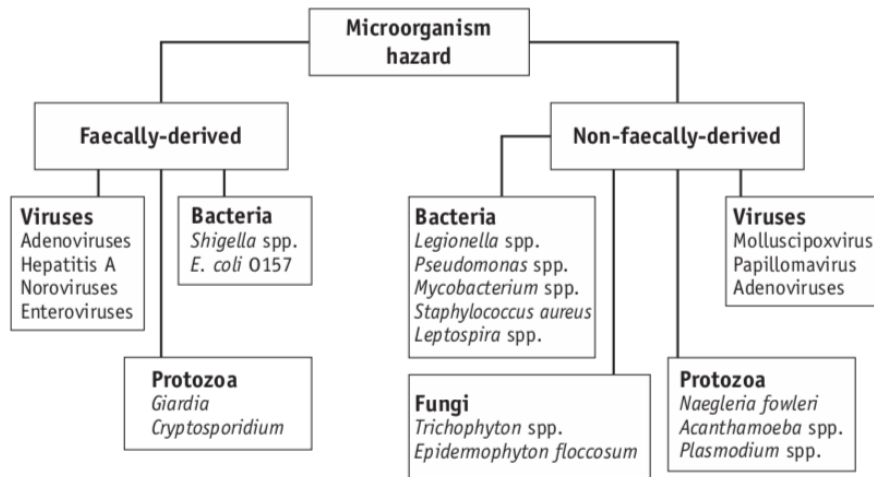
Figuur 2: Voorste oogsegment bij Acanthamoeba Keratitis bij een 57-jarige patiënt (Ahmad, 2018)

Het elimineren van *Acanthamoeba* cysten is afhankelijk van de samenstelling van cruciale factoren zoals het soort ontsmettingsmiddel, de dosering ervan en de grootte van de filtratiemembranen (Ahmad, 2018; Behniafar et al., 2015). De factoren op zichzelf zijn onvoldoende om amoeben te verwijderen (Behniafar et al., 2015). Voorzorgsmaatregelen voor contactlensdragers zijn het uitnemen van de lenzen vooraleer te zwemmen (Barna & Kádár, 2012), het dragen van een zwembril, het behandelen van de lenzen na het zwemmen met een geschikte lenzenvloeistof of het dragen van daglenzen (WHO, 2006).

5.4 Schimmels

Een vaak voorkomende niet-enterische pathogene schimmel is *Trichophyton*, met name de variant *Epidermophyton floccosum*. Het veroorzaakt schimmelinfecties van nagels, haar of de huid (meestal tussen de tenen). Een schimmel van de huid van de voet kan worden overgedragen door fysiek contact met oppervlakken van de faciliteit die besmet zijn met geïnfecteerde huidschilfers. De enige bron van schimmels in zwembaden zijn besmette zwemmers (WHO, 2006).

Figuur 3 geeft een overzicht van de besproken micro-organismen die leiden tot de microbiële verontreiniging van zwembaden.



Figuur 3: Potentiële microbiële gevaren in zwembaden en soortgelijke omgevingen (WHO, 2006)

6 Conjunctivitis

Conjunctivitis is een ontsteking of infectie van het bindvlies en kan optreden wanneer de epitheliale laag van het oog is aangetast of wanneer er een verstoring is in de algemene afweermechanismen. Het behoort tot een van de meest voorkomende oogheelkundige aandoeningen die wordt waargenomen in de eerstelijnszorg. Conjunctivitis wordt gekenmerkt door een verwijding van de conjunctivale bloedvaten wat leidt tot hyperemie, oedeem van het bindvlies en meestal afscheiding (Azari & Barney, 2013). Het belangrijkste symptoom is roodheid van één of beide ogen, al dan niet gepaard met pijn, jeuk, tranen en/of afscheiding (Pippin & Le, 2022). Maulud et al. (2020) voegt hier nog branderige ogen en wazig zicht aan toe en specificeert dat de afscheiding dik en geel is.

Conjunctivitis kan veroorzaakt worden door een virale of bacteriële infectie, chemische blootstelling of allergie. Virale conjunctivitis is de meest voorkomende oorzaak van infectieuze conjunctivitis, gevolgd door bacteriële conjunctivitis. Allergische conjunctivitis is de meest voorkomende niet-infectieuze conjunctivitis (Azari & Barney, 2013; Pippin & Le, 2022). In het kader van deze literatuurstudie kan er een combinatie gemaakt worden van bacteriële en virale conjunctivitis ten gevolge van chemische blootstelling.

Volgens het onderzoek van Azari & Barney (2013) wordt virale conjunctivitis tussen 65% en 90% van de gevallen veroorzaakt door adenovirussen en is het in deze gevallen ook zeer besmettelijk. Virale conjunctivitis veroorzaakt door adenovirussen heeft faryngoconjunctivale koorts (PCF) en/of epidemische keratoconjunctivitis (EKC) als gevolg. Deze aandoeningen worden gekenmerkt door folliculaire conjunctivitis, waterige afscheiding, hyperemie, chemosis en ipsilaterale lymfadenopathie

(Ahmad, 2018; Azari & Barney, 2013). Bij 30% van de patiënten met PCF en bij 80% met EKC kunnen de symptomen leiden tot keratitis (Ahmad, 2018).

Verwekkers van bacteriële conjunctivitis bij volwassenen zijn vaak stafylokokken, die in onder andere zwembadwater kunnen gevonden worden (Azari & Barney, 2013). Ook *Pseudomonas aeruginosa*, die eveneens in zwembadwater kan gevonden worden, leidt tot bacteriële conjunctivitis en in ernstige gevallen tot keratitis, corneale perforatie en uiteindelijk endoftalmitis (Ahmad, 2018).

Contactlensdragers zijn vatbaarder voor infecties van *Pseudomonas aeruginosa* (Ahmad, 2018; Pippin & Le, 2022).

Risicofactoren voor bacteriële conjunctivitis zijn een verminderde traanproductie, verstoring van de natuurlijke epitheliale barrière, abnormaliteiten van de adnexale structuren, trauma en immunosuppressieve status (Azari & Barney, 2013). Dit maakt dat mensen met bovenstaande risicofactoren gevoeliger kunnen zijn voor water gerelateerde oculaire bijwerkingen.

Bilaterale gematteerde en aan elkaar kleven oogleden zijn klinische kenmerken die kunnen wijzen op conjunctivitis van bacteriële oorsprong (Azari & Barney, 2013). Volgens Pippin & Le (2022) is er veel discussie over de aard van afscheiding als diagnostisch teken tussen virale of bacteriële conjunctivitis.

7 Keratitis

Infectieuze keratitis is een ontsteking of infectie van de cornea die veroorzaakt wordt door pathogene micro-organismen zoals virussen (Koganti et al., 2021), bacteriën, protozoa en schimmels (Lakhundi et al., 2017). Ongeveer 90% van alle gevallen van microbiële keratitis is veroorzaakt door bacteriën (Lakhundi et al., 2017). AK, veroorzaakt door de protozoön *Acanthamoeba*, is reeds uitvoerig besproken in het onderdeel Protozoa.

De micro-organismen dringen het stroma van de cornea binnen, veroorzaken een ontsteking en vernietiging van de oculaire structuren. Dit proces wordt vergemakkelijkt bij aangetast cornea epitheel (Lakhundi et al., 2017). De grootste risicofactoren voor de ontwikkeling van infectieuze keratitis zijn het gebruik van contactlenzen, inadequate desinfecterende oplossingen, trauma, oculaire chirurgie (met name corneale chirurgie), chronische oculaire oppervlakteziekte, systemische ziekte zoals diabetes mellitus en/of langdurig gebruik van topische corticosteroïden (Lakhundi et al., 2017; Thomas & Kaliyamurthy, 2013).

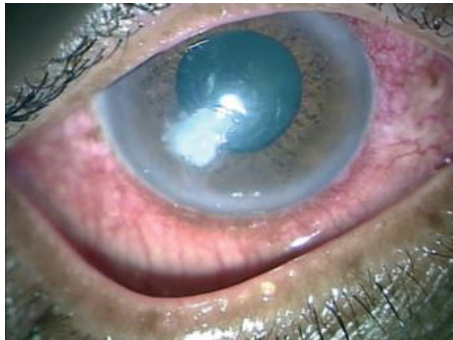
Virale keratitis kan veroorzaakt worden door het herpes-simplexvirus (HSV), cytomegalovirus (CMV), varicellazostervirus (VZV) en Epstein-Barr-virus (EBV). HSV, met name type 1, is de meest voorkomende oorzaak van virale keratitis door middel van direct contact met lichaamsafscheidings zoals speeksel en tranen van geïnfecteerde personen. Mogelijke oculaire symptomen van HSV-1 zijn conjunctivitis, iridocyclitis, acute retinale necrose (ARN) en/of keratitis in ernstige gevallen (Koganti et al., 2021).

De belangrijkste bacteriële verwekkers van infectieuze keratitis zijn *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pneumoniae* en bepaalde *Serratia* soorten (Wong et al., 2012). De resistentie van *Pseudomonas aeruginosa* tegen desinfecterende middelen vergemakkelijkt het binnendringen van de bacterie in het oog. Symptomen van bacteriële keratitis zijn acute pijn, roodheid en fotofobie. Klinisch kan er vaak een ulceratie van de cornea gevonden worden (Lakhundi et al., 2017).

Tenslotte kan infectieuze keratitis veroorzaakt worden door zowel filamenteuze schimmels alsook gistschimmels. De filamenteuze schimmels zijn *Fusarium*, *Aspergillus*, *Phaeoophomycetes* en

Scedosporium apiospermum. De meest voorkomende keratitis veroorzakende gistschimmels zijn *Candida albicans* en andere *Candida*-soorten (Lakhundi et al., 2017; Thomas & Kaliamurthy, 2013).

Symptomen van schimmelkeratitis zijn plotseling optredende pijn, fotofobie, slijmafscheiding en verminderd gezichtsvermogen. Filamenteuze schimmels vertonen klinisch vaak een cornea ulcus, slijm, hyphate lijnen, korrelige of vederachtige grijswitte stromale infiltraten, immuunring van Wesseley, Descemetplooien en/of milde iritis (Thomas & Kaliamurthy, 2013). Figuur 4 is een weergave van stromale infiltraten en de immuunring van Wesseley, veroorzaakt door *Fusarium solani*. Keratitis veroorzaakt door gistschimmels lijkt op bacteriële keratitis met een epitheliale afwijking en een trage progressie (Thomas & Kaliamurthy, 2013).



Figuur 4: Keratitis veroorzaakt door *Fusarium solani* (Thomas & Kaliamurthy, 2013)

8 Oculaire symptomen ten gevolge van zwembaden

Water gerelateerde oculaire bijwerkingen kunnen veroorzaakt worden door infectieuze micro-organismen, mechanische trauma, chemische stoffen en toxinen. Een aanhoudende blootstelling aan deze stoffen kan de levenskwaliteit van de blootgestelde personen aantasten (Ahmad, 2018).

Fantuzzi et al. (2010) onderzocht de oculaire symptomen van het personeel van 20 overdekte zwembaden aan de hand van een ondervraging. Van 133 proefpersonen hebben 48,9% regelmatig rode ogen, 44,4% regelmatig jeukende ogen, 24,1% tranende ogen en 9,8% ooginfecties. Er werd geen significant verschil gevonden tussen mannen of vrouwen. Irriterende oculaire symptomen kwamen vaker voor bij badmeesters en trainers dan bij ander personeel zoals zwembadmanagers, receptionisten, technici en barmedewerkers. Tabel 1, opgesteld door Fantuzzi et al. (2010), is een samenvatting van de percentuele resultaten van de oculaire symptomen bij alle medewerkers. Daarnaast wordt er ook een onderscheid gemaakt tussen badmeesters en trainers en het ander personeel.

Tabel 1: Prevalentie van oculaire symptomen bij beroepsmatig blootgestelde personen (Fantuzzi et al., 2010)

SYMPTOMS	Total employees (133)		Lifeguards and trainers (82)		Other employees (51)	
	n	%	n	%	n	%
OCULAR SYMPTOMS						
Red eyes	65	48.9	48	58.5	17	33.3
Itchy eyes	59	44.4	41	50.0	18	35.3
Eye infection	13	9.8	11	13.6	2	4.0
Watery eyes	32	24.1	20	24.4	12	23.5

Volgens de studie van Bowen et al. (2007) zijn er na blootstelling aan zwembaden ook uitbraken gemeld van oogziekten met een korte incubatietijd. De gemelde oculaire symptomen zijn branderigheid, tranen, fotofobie en wazig zicht. Aanvullend ontwikkelen mensen na blootstelling aan zwembadwater vaak allergische conjunctivitis die op zijn beurt irritatie van de ogen veroorzaakt. Bijgevolg voelen mensen zich genoodzaakt om intensief in de ogen te wrijven waardoor er hoornvliesbeschadigingen of secundaire infecties ontstaan (Bowen et al., 2007).

Activiteiten zoals onder water zwemmen of water inslikken waren geen bijkomende risicofactoren in het onderzoek van Bowen et al. (2007). Daarnaast werd het gebruik van een zwembril niet geassocieerd met een lager risico op het ontwikkelen van de oculaire bijwerkingen (Bowen et al., 2007). Ishioka et al. (2008) beweert echter het tegenovergestelde, namelijk dat zwemmen zonder zwembril schadelijke gevolgen heeft voor de cornea, conjunctiva en traanfilm.

De *Nebraska Department of Health and Human Services* (NDHHS) heeft uitvoering onderzoek gedaan naar ziekte-uitbraken en overige symptomen van een zwembad in een motel. Van de 110 gasten die in dezelfde periode in het motel verbleven, waren 24 mensen ziek geworden nadat ze in contact zijn gekomen met het zwembadwater. De genoemde 24 personen meldden naast hun ziekte ook andere symptomen, waaronder oculaire symptomen. Ongeveer 92% had last van brandende ogen, 79% van tranende ogen, 33% van wazig zicht en 4% van fotofobie. De laatste twee symptomen waren geen op voorhand opgestelde parameters (inbegrepen in de *case definition*), maar werden wel vermeld door de ondervraagden. Tabel 2 geeft een samenvatting van deze symptomen en de percentages, samen met andere symptomen zoals keelpijn, hoesten, niezen enzovoort (Centers for Disease Control and Prevention, 2007).

Tabel 2: Percentages van diverse ziektesymptomen na blootstelling aan een overdekt zwembad van een motel (Centers for Disease Control and Prevention, 2007)

Symptoms	No.	(%)
Included in case definition		
Burning eyes	22	(92)
Sore throat	20	(83)
Watery eyes	19	(79)
Coughing	19	(79)
Sneezing	18	(75)
Burning inside nose	13	(54)
Wheezing	11	(46)
Chest tightness	7	(29)
Shortness of breath	5	(21)
Not included in case definition		
Headache	18	(75)
Blurry vision	8	(33)
Dry mouth	8	(33)
Nausea	7	(29)
Diarrhea	7	(29)
Vomiting	4	(17)
Skin rash	4	(17)
Fever	3	(13)
Abdominal cramping	2	(8)
Photophobia	1	(4)

*N = 24. A total of 20 persons entered the immediate pool area and became ill. In addition, four persons who became ill did not enter the immediate pool area but entered the larger, enclosed courtyard area in which the pool was located.

9 Conclusie

Het effect van zwembadwater op het voorste oogsegment kan onderverdeeld worden in twee grote delen, namelijk de chemische gevaren en de microbiële gevaren die zwembadwater met zich teweegbrengt en hun oculaire bijwerkingen.

Chloor is de meest gebruikte desinfectiemethode van zwembadwater en heeft enkele effecten op het voorste oogsegment zoals oogirritatie, jeukende ogen, rode ogen, oppervlakkige punctate keratitis, conjunctivale en pericorneale injectie, toename van de fluoresceïne en Bengaals roze kleuring van het cornea epitheel, beschadiging van de cel-tot-cel verbinding en tenslotte oedeem van oppervlakkige en basale epitheelcellen. Daarnaast vormt chloor bij contact met organische stoffen verscheidene DBP's, waaronder THM's en chlooramines, die eveneens hun bijwerkingen op de ogen hebben zoals oogirritatie en conjunctivitis.

Chemicaliën van het zwembadwater kunnen via drie belangrijke routes in het lichaam terechtkomen: directe inname, inademing en via absorptie door de huid. De huid van de oogleden is zeer dun, waardoor de bovenoogleden vaak aangetast zijn bij huidcontact met chemische (al dan niet vluchtige) stoffen.

Bij onvoldoende desinfectie van het zwembadwater kan besmetting met bepaalde pathogene micro-organismen leiden tot onder andere conjunctivitis en keratitis. *Pseudomonas aeruginosa* en *Staphylococcus aureus* zijn veel voorkomende oorzaken van water gerelateerde bacteriële keratitis en kunnen eveneens in zwembadwater gevonden worden. Daarnaast veroorzaken sommige typen adenovirussen virale conjunctivitis en keratitis die in extreme gevallen tot stromale corneale vertroebelingen leiden. Tenslotte klinkt *Acanthamoeba* keratitis door contactlensdragers bekend in de oren omwille van de ernstige oculaire gevolgen waaronder corneale infiltraten, stromaal oedeem, scleritis, hoornvliesverdunding en in sommige gevallen permanente blindheid.

Algemene oculaire symptomen die kunnen ervaren worden door zwemmers zijn rode, jeukende, tranende, irriterende en branderige ogen, fotofobie en wazig zicht.

Het is belangrijk dat zwembaduitbaters zich houden aan de opgestelde desinfectierichtlijnen, filters, ozon, actieve kool en UV-behandeling gebruiken en parameters zoals de temperatuur en pH van het water goed reguleren. Voorzorgsmaatregelen voor zwemmers zijn douchen en het uitnemen van contactlenzen voor het zwemmen en het dragen van een zwembril om het risico op oculaire bijwerkingen zoveel mogelijk te verminderen.

10 Bibliografie

- Ahmad, S. S. (2018). Water related ocular diseases. *Saudi Journal of Ophthalmology: Official Journal of the Saudi Ophthalmological Society*, 32(3), 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.sjopt.2017.10.009>
- Akinnola, O. O., Ajayi, A. S., Ogunleye, B. O., & Enueme, I. N. (2020). Chapter 10—Disinfection by-products in swimming pools and health-related issues. In M. N. V. Prasad (Red.), *Disinfection By-products in Drinking Water* (pp. 235–252). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102977-0.00011-1>
- Azari, A. A., & Barney, N. P. (2013). Conjunctivitis. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, 310(16), 1721–1729. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.280318>
- Barna, Z., & Kádár, M. (2012). The risk of contracting infectious diseases in public swimming pools. A review. *Annali Dell'Istituto Superiore Di Sanita*, 48(4), 374–386. https://doi.org/10.4415/ANN_12_04_05
- Behniafar, H., Niyiyati, M., & Lasjerdi, Z. (2015). Molecular Characterization of Pathogenic Acanthamoeba Isolated from Drinking and Recreational water in East Azerbaijan, Northwest Iran. *Environmental Health Insights*, 9, EHI.S27811. <https://doi.org/10.4137/EHI.S27811>
- Bowen, A. B., Kile, J. C., Otto, C., Kazerouni, N., Austin, C., Blount, B. C., Wong, H.-N., Beach, M. J., & Fry, A. M. (2007). Outbreaks of Short-Incubation Ocular and Respiratory Illness Following Exposure to Indoor Swimming Pools. *Environmental Health Perspectives*, 115(2), 267–271. <https://doi.org/10.1289/ehp.9555>
- Carter, R. A. A., & Joll, C. A. (2017). Occurrence and formation of disinfection by-products in the swimming pool environment: A critical review. *Journal of Environmental Sciences*, 58, 19–50. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.06.013>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2007). Ocular and respiratory illness associated with an indoor swimming pool—Nebraska, 2006. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 56(36), 929–932.
- Chowdhury, S. (2012). Implications of Using Steady-State Conditions in Estimating Dermal Uptake of Volatile Compounds in Municipal Drinking Water: An Example of THMs. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 18(5), 1051–1068. <https://doi.org/10.1080/10807039.2012.707932>
- Chowdhury, S. (2015). Predicting human exposure and risk from chlorinated indoor swimming pool: A case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(8), 502. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4719-8>
- Ekopai, J. M., Musisi, N. L., Onyuth, H., Gabriela Namara, B., & Sente, C. (2017). Determination of Bacterial Quality of Water in Randomly Selected Swimming Pools in Kampala City, Uganda. *New Journal of Science*, 2017, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2017/1652598>
- Esboei, B. R., Fakhari, M., Saberi, R., Barati, M., Moslemi, M., Hassannia, H., Dadimoghadam, Y., & Jalallou, N. (2020). Genotyping and phylogenetic study of Acanthamoeba isolates from human keratitis and swimming pool water samples in Iran. *Parasite Epidemiology and Control*, 11, 7. <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2020.e00164>
- Fantuzzi, G., Righi, E., Predieri, G., Giacobazzi, P., Mastroianni, K., & Aggazzotti, G. (2010). Prevalence of Ocular, Respiratory and Cutaneous Symptoms in Indoor Swimming Pool Workers and Exposure to

- Disinfection By-Products (DBPs). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(4), 1379–1391. <https://doi.org/10.3390/ijerph7041379>
- Fernandes, J. V., Galvão de Araújo, J. M., & Allyrio Araújo de Medeiros Fernandes, T. (2013). Biology and natural history of human papillomavirus infection. *Open Access Journal of Clinical Trials*, 5(2013), 1–12. <https://doi.org/10.2147/OAJCT.S37741>
- Fernández-Luna, Á., Burillo, P., Felipe, J. L., del Corral, J., García-Unanue, J., & Gallardo, L. (2016). Perceived health problems in swimmers according to the chemical treatment of water in swimming pools. *European Journal of Sport Science*, 16(2), 256–265. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.1001877>
- Florentin, A., Hautemanière, A., & Hartemann, P. (2011). Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214(6), 461–469. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.07.012>
- Haag, J. R., & Gieser, R. G. (1983). Effects of Swimming Pool Water on the Cornea. *JAMA*, 249(18), 2507–2508. <https://doi.org/10.1001/jama.1983.03330420053035>
- Hansen, K. M. S. (2013). *Strategies for chemically healthy public swimming pools* [Doctoraatstudie, Technical University of Denmark]. DTU Library. <https://orbit.dtu.dk/en/publications/strategies-for-chemically-healthy-public-swimming-pools>
- Ishioka, M., Kato, N., Kobayashi, A., Dogru, M., & Tsubota, K. (2008). Deleterious effects of swimming pool chlorine on the corneal epithelium. *Cornea*, 27(1), 40–43. <https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e318156d200>
- Kalra, S. K., Sharma, P., Shyam, K., Tejan, N., & Ghoshal, U. (2020). Acanthamoeba and its pathogenic role in granulomatous amebic encephalitis. *Experimental Parasitology*, 208, 107788. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.107788>
- Koganti, R., Yadavalli, T., Naqvi, R. A., Shukla, D., & Naqvi, A. R. (2021). Pathobiology and treatment of viral keratitis. *Experimental Eye Research*, 205, 108483. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2021.108483>
- La Rosa, G., Della Libera, S., Petricca, S., Iaconelli, M., Briancesco, R., Paradiso, R., Semproni, M., Bonito, P. D., & Bonadonna, L. (2015). First detection of papillomaviruses and polyomaviruses in swimming pool waters: Unrecognized recreational water-related pathogens? *Journal of Applied Microbiology*, 119(6), 1683–1691. <https://doi.org/10.1111/jam.12925>
- Lakhundi, S., Siddiqui, R., & Khan, N. A. (2017). Pathogenesis of microbial keratitis. *Microbial Pathogenesis*, 104, 97–109. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2016.12.013>
- Lee, J., Jun, M.-J., Lee, M.-H., Lee, M.-H., Eom, S.-W., & Zoh, K.-D. (2010). Production of various disinfection byproducts in indoor swimming pool waters treated with different disinfection methods. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 213(6), 465–474. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2010.09.005>
- Manasfi, T., Coulomb, B., & Boudenne, J.-L. (2017). Occurrence, origin, and toxicity of disinfection byproducts in chlorinated swimming pools: An overview. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(3), 591–603. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.01.005>
- Martínez, G. G., & Troconis, J. N. (2014). Natural history of the infection for human papillomavirus: An actualization. *Investigacion Clinica*, 55(1), 82–91.
- Maulud, S., Omar, L., Hassan, A., & Saeed, R. (2020). Microbial and Molecular Screening of Swimmers

- Associated with Conjunctivitis from Public Swimming Pools in Erbil Province. *Al-Mustansiriyah Journal of Science*, 31, 36. <https://doi.org/10.23851/mjs.v31i4.903>
- Meyers, J., Ryndock, E., Conway, M. J., Meyers, C., & Robison, R. (2014). Susceptibility of high-risk human papillomavirus type 16 to clinical disinfectants. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 69(6), 1546–1550. <https://doi.org/10.1093/jac/dku006>
- Mood, E. W., Clarke, C. C., & Gelperin, A. (1951). The Effect of Available Residual Chlorine and Hydrogen-ion Concentration Upon the Eyes of Swimmers. *American Journal of Epidemiology*, 54(1), 144–149. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a119464>
- Pinaud, L., Sansonetti, P. J., & Phalipon, A. (2018). Host Cell Targeting by Enteropathogenic Bacteria T3SS Effectors. *Trends in Microbiology*, 26(4), 266–283. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2018.01.010>
- Pippin, M. M., & Le, J. K. (2022). Bacterial Conjunctivitis. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546683/>
- Schets, F. M., Schijven, J. F., & de Roda Husman, A. M. (2011). Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. *Water Research*, 45(7), 2392–2400. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.01.025>
- Schloemer, J. A., Zirwas, M. J., & Burkhart, C. G. (2015). Airborne contact dermatitis: Common causes in the USA. *International Journal of Dermatology*, 54(3), 271–274. <https://doi.org/10.1111/ijd.12692>
- Schmalz, C., Frimmel, F. H., & Zwiener, C. (2011). Trichloramine in swimming pools – Formation and mass transfer. *Water Research*, 45(8), 2681–2690. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.02.024>
- Simard, S., Tardif, R., & Rodriguez, M. J. (2013). Variability of chlorination by-product occurrence in water of indoor and outdoor swimming pools. *Water Research*, 47(5), 1763–1772. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.12.024>
- Teo, T. L. L., Coleman, H. M., & Khan, S. J. (2015). Chemical contaminants in swimming pools: Occurrence, implications and control. *Environment International*, 76, 16–31. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.11.012>
- Thomas, P. A., & Kaliyamurthy, J. (2013). Mycotic keratitis: Epidemiology, diagnosis and management. *Clinical Microbiology and Infection*, 19(3), 210–220. <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12126>
- van Veldhoven, K., Keski-Rahkonen, P., Barupal, D. K., Villanueva, C. M., Font-Ribera, L., Scalbert, A., Bodinier, B., Grimalt, J. O., Zwiener, C., Vlaanderen, J., Portengen, L., Vermeulen, R., Vineis, P., Chadeau-Hyam, M., & Kogevinas, M. (2018). Effects of exposure to water disinfection by-products in a swimming pool: A metabolome-wide association study. *Environment International*, 111, 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.11.017>
- WHO. (2006). *Guidelines for safe recreational water environments. 2, Swimming pools and similar environments*. World Health Organization; WHO IRIS. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43336>
- Wong, R. L. M., Gangwani, R. A., Yu, L. W. H., & Lai, J. S. M. (2012). New Treatments for Bacterial Keratitis. *Journal of Ophthalmology*, 2012, e831502. <https://doi.org/10.1155/2012/831502>

11 Lijst van afkortingen

ABCD	Airborne contact dermatitis
ACD	Allergische contactdermatitis
AK	Acanthamoeba keratitis
ARN	Acute retinale necrose
BCDMH	Broomchloordimethylhydantoïne
CH	Chloraalhydraat
CMV	Cytomegalovirus
DBP's	<i>Disinfection by-products</i> , desinfectiebijproducten
EBV	Epstein-Barr-virus
EGMO's	Elektrochemisch gegenereerde gemengde oxidanten
EKC	Epidemische keratoconjunctivitis
GAE	Granulomateuze amoebische encefalitis
HAA's	Haloazijnzuren
HAL's	Haloacetaldehyden
HAN's	Haloacetonitrillen
HBQ's	Halobenzochinonen
HNM's	Halonitromethanen
HPV	Humaan papillomavirus
HSV	Herpes-simplexvirus
HUS	Hemolytisch uremisch syndroom
ICD	Irriterende contactdermatitis
NDHHS	Nebraska Department of Health and Human Services
PCF	Faryngoconjunctivale koorts
THM's	Trihalomethanen
UV-straling	Ultravioletstraling
VZV	Varicellazostervirus
WHO	World Health Organisation