

## Summary

Schistosomiasis is a parasitic disease caused by blood flukes (worms) transmitted by snails. Schistosome eggs leave the body with human feces (for *Schistosoma mansoni*) or urine (for *S. haematobium*), and they hatch when getting into contact with fresh water. The released larva (miracidium) can infect an intermediate snail host, which then produces thousands of larvae (cercariae) that infect humans who are in contact with water while bathing or doing other activities in streams and ponds. The infection is endemic in many parts of Africa and often constitutes a threat to health as an adverse effect of water resource programs. In Northern Senegal, prior to the construction of two dams in the Senegal River Basin, intestinal schistosomiasis (caused by *S. mansoni* infection) was unknown. Two years after the completion of the Diama dam in 1986, an unprecedented outbreak struck the area eventually resulting in a staggering 90% prevalence in the surroundings of the city of Richard Toll, the epicenter of the epidemic.

In the presence of this exceptional epidemiological situation in Senegal, we aimed at complementing current knowledge about aspects of schistosomiasis transmission related to human behaviors with the final purpose of recommending appropriate control measures. To attain this objective, we first provided an overview of the increase of water related diseases, including intestinal schistosomiasis, in the post dam era. We then performed a series of field studies to assess patterns of water contact, human sanitary practices and the impact of health education campaigns in the outbreak area.

In **Chapter 2**, we measured the public health impact of the dams in the human population through a health documentary survey, based on reported clinical cases in the medical records, in four districts in Northern Senegal. The number of clinical schistosomiasis cases has risen dramatically since 1988, and in Richard Toll even approximated that of endemic malaria. Our conclusion was that the unexpected emergence and spread of intestinal schistosomiasis as well as the increase of urinary schistosomiasis (caused by *S. haematobium*) have aggravated the public health situation in the Senegal River Basin.

In **Chapter 3**, we described the results of water contact studies in the village of Ndombo. The daily water contact behavior of the whole population was observed from 6 a.m. till 7 p.m., seven days each month in a two-year period. This resulted in over 120,000 recorded water contacts for 1651 subjects. Bathing was the main activity, followed by household activities. Frequency and duration of water contact depended on age and sex rather than season, with women and adolescents showing the highest levels. Still, the water contact levels were not exceptionally high and

cannot explain the extremely high infection intensities as observed in Northern Senegal. Comparison with fecal egg counts in the respective age and sex groups further revealed that water contact levels did not correspond with infection levels, indicating that other factors than exposure primarily determine intensity of infection.

**Chapters 4 and 5** provide more insight into how feces containing *S. mansoni* eggs can reach surface water such as streams and ponds. The degree of contamination of natural habitats with infected stools is difficult to assess due to the privacy that characterizes the act of defecation. In **Chapter 4**, we investigated defecation behavior of children in relation to latrine use in the pilot village of Kassak-Nord (Northern Senegal) using a simple questionnaire. The survey demonstrated that 24% of children defecated in the bush, particularly near the streams where the nature offers hideouts. Many respondents declared that they clean themselves after defecation, but this was mainly done by using plants and sticks, suggesting that fecal material with parasite eggs may easily remain adhering to the peri-anal region. Furthermore, latrines were present but not adequately used for various reasons.

In **Chapter 5**, we demonstrated for 10 out of 13 *S. mansoni* infected volunteers that feces trapped in the peri-anal region after defecation contained eggs that lead to miracidia after hygienic washing. This means that those who bathe in water bodies immediately after defecation can introduce viable *S. mansoni* eggs into the water. We calculated that a population of nearly 1000 individuals releases about 30 thousand miracidia per day due to hygienic bathing, while direct deposition of a single complete stool into the water would result in about 2500 active miracidia. Thus, overall about 12 complete stools should reach the water every day to contribute to transmission in the same order of magnitude as hygienic bathing, which is unlikely considering the taboo on defecating directly into the water. This suggests that hygienic washing after defecation may be an important mode of transmission.

**Chapter 6** describes the evaluation of various health education efforts as part of regional control programs in the outbreak area. We interviewed 566 persons (adults and children) about their perception of schistosomiasis and level of knowledge regarding its spread and control. They were asked simple questions about symptoms, mode of transmission, the sources of information, and health-seeking behavior. The great majority of the respondents stated that they knew what schistosomiasis was and that in case of illness they would seek treatment at the health center. However, only half of the people accurately quoted symptoms associated with intestinal schistosomiasis: diarrhea, abdominal pain or bloody stools. The majority of respondents realized that the disease was somehow linked with water and (lack of) hygiene, but only 44% of respondents reported water contact as the source of infection. We concluded that even intense and long-lasting health education efforts

for a specific and straightforward problem as schistosomiasis are not enough to have profound impact on the knowledge, attitudes and practices of rural traditional communities.

**Chapter 7.1** provides an overview of the main research findings. **Chapter 7.2** gives some more background about the two main ways to study water contact behavior of populations in schistosomiasis endemic areas: observational studies vs. use of questionnaires. **Chapter 7.3** provides further information about the routes by which schistosome eggs may reach natural water bodies. In **Chapter 7.4** we list the main conclusions, which are as follows: (1) The water resources development projects in the Senegal River Basin have caused a considerable burden of intestinal schistosomiasis, but not of other water related diseases; (2) The patterns of water contact in Northern Senegal were not exceptional and did not mirror the high infection levels observed in the *S. mansoni* outbreak; (3) In a dry country like Senegal, fecal remnants in the peri-anal region of an infected individual may be the most important source of contamination of water with *S. mansoni* eggs; (4) The health education control strategy adopted in Northern Senegal has failed to enhance satisfactory behavior change regarding schistosomiasis infection.



## Samenvatting

Schistosomiasis is een infectieziekte die wordt veroorzaakt door parasitaire wormen die op de mens worden overgedragen via slakken. De eieren van de worm verlaten het lichaam met de ontlasting (bij *Schistosoma mansoni*) of urine (bij *S. haematobium*) en komen uit als ze in contact komen met water. De vrijgekomen larven (miracidia) kunnen de tussengastheer - een zoetwaterslak - infecteren, die vervolgens duizenden larven (cercariën) produceert. Deze kunnen mensen infecteren die zich in het water bevinden bijvoorbeeld om te baden. De infectie is in grote delen van Afrika en vormt vaak een bedreiging voor de gezondheid als een negatief gevolg van watermanagement programma's. Zo was intestinale schistosomiasis (veroorzaakt door *S. mansoni*) voor de bouw van twee dammen in de Senegal Rivier onbekend in Noord Senegal, maar vond er twee jaar nadat de Diama dam gereed was gekomen in 1986, een ongekend grote uitbraak in de regio plaats. Hierdoor raakte maar liefst 90% van de bevolking in de omgeving van de stad Richard Toll geïnfecteerd.

Uitgaande van deze uitzonderlijke epidemiologische situatie in Senegal hadden wij tot doel de huidige kennis rond gedragsaspecten bij de overdracht van schistosomiasis te verbeteren, om uiteindelijk tot aanbevelingen voor geschikte bestrijdingsmaatregelen te komen. Hiertoe hebben we eerst een overzicht gemaakt van de toename in watergerelateerde ziekten, inclusief intestinale schistosomiasis, in de periode na de bouw van de dam. Daarna hebben we een serie van veldstudies uitgevoerd om watercontactpatronen, sanitaire gebruiken en het effect van campagnes met betrekking tot gezondheidseducatie in het uitbraakgebied te bestuderen.

In **Hoofdstuk 2** hebben we de impact van de dam op de volksgezondheid vastgesteld op basis van het aantal gerapporteerde klinische gevallen in de medische archieven van vier districten in Noord Senegal. Het bleek dat het aantal klinische gevallen van schistosomiasis enorm was toegenomen vanaf 1988, in Richard Toll zelfs bijna tot aan het niveau van endemische malaria. Onze conclusie was dat de onverwachte opkomst en verspreiding van intestinale schistosomiasis, evenals de toename van urinaire schistosomiasis (veroorzaakt door *S. haematobium*), de volksgezondheidssituatie rond de Senegal Rivier heeft verslechterd.

In **Hoofdstuk 3** hebben we de resultaten beschreven van watercontact studies in het dorp Ndombo. Hier werden van de gehele bevolking alle contacten met oppervlaktewater geobserveerd van 6 uur 's ochtend tot 7 uur 's avonds, zeven dagen per maand, gedurende een periode van 2 jaar. Dit resulteerde in meer dan 120 duizend gerapporteerde watercontacten voor 1651 mensen. Baden bleek de belangrijkste bezigheid in het water, gevolgd door huishoudelijke activiteiten. De frequentie en duur van het watercontact was afhankelijk van leeftijd en geslacht,

meer dan van seizoen, waarbij de hoogste waarden bij vrouwen en adolescenten gemeten werden. Echter, de uiteindelijke niveaus van watercontact waren niet uitzonderlijk hoog en kunnen daarom geen verklaring vormen voor de extreem hoge infectiegraden die in Noord Senegal zijn geobserveerd. De vergelijking met eitellingen in de ontlasting van de respectievelijke sekse- en leeftijdsgroepen liet verder zien dat watercontacten niet gerelateerd zijn aan infectieniveau, wat aangeeft dat andere factoren dan de blootstelling aan water een sleutelrol vervullen in het bepalen van de intensiteit van infectie.

**Hoofdstukken 4 en 5** verschaffen meer inzicht in hoe ontlasting besmet met *S. mansoni* eieren oppervlaktewater zou kunnen bereiken. Het is lastig de mate van besmetting van de natuurlijke omgeving met geïnfecteerde stoelgang vast te stellen vanwege de privacy die gepaard gaat met deze activiteit. In **Hoofdstuk 4** hebben we op basis van een eenvoudige vragenlijst het defecatiegedrag van kinderen in het dorp Kassak-Nord onderzocht, met name met betrekking tot het gebruik van latrines. De studie liet zien dat 24% van de kinderen hun behoefte in de openlucht doen, vooral nabij waterstromen waar de begroeiing natuurlijke beschutting biedt. Veel respondenten gaven aan zichzelf na de ontlasting te reinigen, maar dan vooral door het gebruik van planten en stokjes, wat suggereert dat er gemakkelijk enige ontlasting met parasitaire eieren in de anale streek zou kunnen achterblijven. Verder bleek dat latrines wel aanwezig waren maar om diverse redenen amper werden gebruikt.

In **Hoofdstuk 5** hebben we bij 10 van de 13 met *S. mansoni* geïnfecteerde deelnemers aangetoond dat ontlasting die in de anale streek is achtergebleven eieren kan bevatten die miracidia opleveren als men zich wast met water. Dit betekent dat degenen die meteen na de ontlasting het water opzoeken om zich te wassen levensvatbare *S. mansoni* eieren naar het water kunnen overbrengen. We hebben berekend dat een bevolking van ongeveer 1000 mensen ongeveer 30 duizend miracidia per dag kan opleveren ten gevolge van dit 'hygiënisch wassen', terwijl een complete stoelgang die rechtstreeks in het water gedeponereerd zou worden 2500 miracidia zou opleveren. Dit betekent dat elke dag in totaal 12 complete stoelgangen het water zouden moeten bereiken om hetzelfde resultaat te bereiken als door hygiënisch wassen, wat zeer onwaarschijnlijk is gezien het taboe dat rust op het rechtstreeks deponeren van ontlasting in het water. Dit suggereert dat hygiënisch wassen wel eens een heel belangrijke bron in de overdracht van intestinale schistosomiasis zou kunnen zijn.

**Hoofdstuk 6** geeft een evaluatie van een reeks activiteiten op het gebied van gezondheidseducatie als onderdeel van bestrijdingsprogramma's in het uitbraakgebied. Hiertoe werden 566 mensen (volwassenen en kinderen) ondervraagd over hun

perceptie van schistosomiasis en over hun kennis met betrekking tot de verspreiding en bestrijding ervan. Eenvoudige vragen werden gesteld over symptomen, manieren van overdracht, informatiebronnen en hulpzoekgedrag. De overgrote meerderheid van de respondenten gaf aan dat ze wisten wat schistosomiasis was en dat ze in geval van ziekte een gezondheidspost zouden bezoeken. Echter, slechts de helft van de mensen was in staat om de juiste symptomen van intestinale schistosomiasis te noemen: diarree, buikpijn of bloed in de ontlasting. De meesten wisten dat de ziekte op de een of ander manier te maken had met water en (gebrekkige) hygiëne, maar slechts 44% van de respondenten noemde watercontact als een bron van infectie. We concludeerden dat zelfs intensieve en langdurige educatieve inspanningen niet genoeg zijn om een significant effect te hebben op de kennis, attitude en gebruiken van traditionele rurale gemeenschappen met betrekking tot een specifiek en relatief eenvoudig probleem als schistosomiasis.

**Hoofdstuk 7.1** geeft een overzicht van de onderzoeksbevindingen. **Hoofdstuk 7.2** biedt meer achtergrond over de twee belangrijkste manieren om gedragsstudies met betrekking tot watercontact uit te voeren in gebieden met schistosomiasis: rechtstreekse observaties versus vragenlijsten. **Hoofdstuk 7.3** verschaft meer informatie over de verschillende manieren waarop *S. mansoni* eieren het oppervlaktewater zouden kunnen bereiken. In **Hoofdstuk 7.4** geven we een opsomming van de belangrijkste bevindingen: (1) De waterontwikkelingsprojecten in en rond de Senegal Rivier hebben een aanzienlijke ziektelast veroorzaakt door intestinale schistosomiasis, maar niet door andere watergerelateerde ziekten; (2) De watercontactpatronen in Noord Senegal waren niet uitzonderlijk, en konden de hoge infectieniveaus die zijn waargenomen in het *S. mansoni* uitbraakgebied niet verklaren; (3) In een droog land als Senegal zou achtergebleven ontlasting in het gebied rond de anus van een geïnfecteerde persoon wel eens de belangrijkste manier van besmetting van water met *S. mansoni* eieren kunnen zijn; (4) De toegepaste strategieën met betrekking tot gezondheidseducatie in Noord Senegal zijn er niet in geslaagd om gedragsverandering ten aanzien van schistosomiasis te bewerkstelligen.