

Microbiome and its role in shaping planetary health

Citation for published version (APA):

Tanwar, A. S. (2024). *Microbiome and its role in shaping planetary health*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Maastricht University. <https://doi.org/10.26481/dis.20240124at>

Document status and date:

Published: 01/01/2024

DOI:

[10.26481/dis.20240124at](https://doi.org/10.26481/dis.20240124at)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

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

[Link to publication](#)

General rights

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

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

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

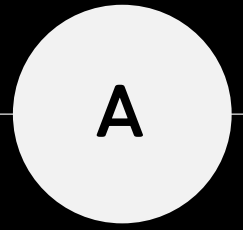
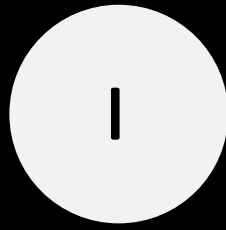
www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

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

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.



Summary

The human microbiome is a complex ecosystem that resides within our bodies. It consists of trillions of microorganisms that inhabit various niches, such as the gut, skin, oral, and reproductive organs. The human microbiome has been extensively studied in recent years and has been found to influence numerous aspects of our health, including digestion, metabolism, immune function, and even mental health. Imbalances or disruptions in the microbiome have been linked to a wide range of diseases and conditions, such as obesity, autoimmune disorders, allergies, and mood disorders.

Beyond the human microbiome, the microbiomes of other organisms, such as plants, animals, and even the environment itself, also play critical roles in maintaining planetary health. For example, plant-associated microbiomes help plants extract nutrients from the soil, protect them from pathogens, and enhance their resilience to environmental stresses. In turn, healthy plants contribute to the overall stability and productivity of ecosystems, including food production, carbon sequestration, and biodiversity conservation.

Similarly, animal microbiomes are essential for their digestion, immune function, and overall health. In natural ecosystems, animals interact with their environments and exchange microbes, influencing the microbial diversity and dynamics at a broader scale. This interconnectedness between animals, plants, and the environment forms a complex web of interactions, with the microbiome at its core.

The planetary health perspective emphasizes the interdependence of human health, animal health, and the environment. By recognizing the importance of the microbiome in maintaining these connections, we can develop strategies to promote global health and sustainability. For instance, understanding the microbiome's role in nutrient cycling and disease resistance can lead to more sustainable agricultural practices, reduced dependence on chemical fertilizers and pesticides, and improved soil health.

Furthermore, the microbiome has implications for infectious disease prevention and control. Research on microbial communities can help us better understand the transmission dynamics of pathogens and develop targeted interventions. By manipulating the microbiome, we may be able to enhance disease resistance and reduce the spread of infections.

Additionally, the microbiome has the potential to revolutionize medicine and healthcare. Advancements in microbiome research have led to the development of novel therapies, such as fecal microbiota transplantation (FMT), which involves transferring healthy microbial communities to restore the balance in individuals with disrupted microbiomes. Furthermore, probiotics and prebiotics are being explored for their potential in promoting a healthy microbiome and preventing or treating various diseases.

In conclusion, the microbiome plays a crucial role in shaping planetary health. From influencing human health to maintaining the balance of ecosystems, the microbial communities that surround us have a profound impact on the well-being of our planet. By understanding and harnessing the power of the microbiome, we can work towards a more sustainable, resilient, and healthier future for ourselves and the planet.

Part 1

First part of this dissertation, chapter 2, 3, 4 and 5 outline the host-microbe relationship and its crucial role in maintaining human health. Host-microbe interactions are complex and multifaced and can have both positive and negative impacts on human body. It is vital to distinguish between pathogenic (disease-causing) and beneficial microbes and with the advent of high-throughput technologies, our understanding of host-microbe interactions is constantly improving. These technologies allow us to generate vast amounts of data and by analyzing this wealth of data, we can gain a better comprehension of how microbes interact with their hosts at the molecular, cellular, and systemic levels.

Understanding the mechanisms by which pathogenic microbes interact with the human body can aid in the development of targeted therapies and the design of vaccines to prevent infections. Additionally, studying host-microbe interactions can help identify beneficial microbes that promote health and well-being. Furthermore, investigating host-microbe interactions can also provide insights into the development of microbial drug resistance. By studying how microbes adapt and evolve in response to therapeutic interventions, we can design more effective strategies to combat drug-resistant infections.

Part 2

The second part of this dissertation delves into the field of microbial genomics, specifically focusing on the significant amount of multiomics data generated from various techniques. The dissertation briefly explores the wide range of applications of microbial genomics. These applications can include studying microbial diversity, investigating the role of microorganisms in various ecosystems, understanding their interactions with hosts (such as in human microbiota research), and exploring their potential in biotechnology, agriculture, and medicine.

One crucial aspect discussed in this part of the dissertation is the proper storage of the vast amount of healthcare-associated multiomics data in cloud platforms. Cloud platforms provide scalable and cost-effective solutions for managing and storing large volumes of multiomics data, allowing researchers to efficiently store, analyze, and share their data with the scientific community. Managing and preserving this data is essential because it ensures that the information is readily available to the scientific community for further exploration and analysis. Availability of data is crucial for researchers to investigate key areas of research and make important discoveries.

To assist researchers in their microbial genome studies, this part of the dissertation highlights key resources that are available for microbial genome research. These resources can include databases, software/tools, computational platforms, and other relevant sources of information. By providing a guide to these resources, the dissertation helps researchers select the most appropriate computational tools and resources that best suit their microbial study.

Additionally, the dissertation emphasizes the importance of genomic surveillance, particularly in the context of detecting emerging pathogens. Genomic surveillance involves the systematic monitoring and analysis of

pathogen genomes to identify and track the spread of infectious diseases. By detecting and studying the genomic variations of pathogens, scientists can gain insights into their transmission patterns, virulence factors, and potential treatment strategies. This part of the dissertation underscores the significance of genomic surveillance as a proactive approach to public health, allowing for early detection and response to emerging infectious diseases.

Overall, this section of the dissertation provides an overview of microbial genomics, emphasizes the need for open health data clouds for proper data storage and availability, underline microbial research associated computational resources, and highlights the importance of genomic surveillance in detecting and addressing emerging pathogens.

Samenvatting

Het menselijk microbioom is een complex ecosysteem dat zich in ons lichaam bevindt. Het bestaat uit triljoenen micro-organismen die in verschillende niches leven, zoals de darmen, de huid, de mond en de voortplantingsorganen. Het menselijk microbioom is de afgelopen jaren uitgebreid bestudeerd en blijkt van invloed te zijn op tal van aspecten van onze gezondheid, zoals spijsvertering, stofwisseling, immuunfunctie en zelfs geestelijke gezondheid. Onevenwichtigheden of verstoringen in het microbioom zijn in verband gebracht met een groot aantal ziekten en aandoeningen, zoals obesitas, auto-immuunziekten, allergieën en stemmingsstoornissen.

Naast het menselijke microbioom speelt ook het microbioom van andere organismen, zoals planten, dieren en zelfs het milieu zelf, een cruciale rol bij het behoud van de gezondheid op aarde. Het plantgebonden microbioom helpt planten bijvoorbeeld om voedingsstoffen uit de bodem te halen, beschermt ze tegen ziekteverwekkers en vergroot hun veerkracht bij stress in het milieu. Op hun beurt dragen gezonde planten bij aan de algehele stabiliteit en productiviteit van ecosystemen, waaronder voedselproductie, koolstofvastlegging en behoud van biodiversiteit.

Ook dierlijke microbiomen zijn essentieel voor hun spijsvertering, immuunfunctie en algehele gezondheid. In natuurlijke ecosystemen interageren dieren met hun omgeving en wisselen ze microben uit, waardoor ze de microbiële diversiteit en dynamiek op grotere schaal beïnvloeden. Deze onderlinge verbondenheid tussen dieren, planten en het milieu vormt een complex web van interacties, met het microbioom als kern.

Het planetaire gezondheids perspectief benadrukt de onderlinge afhankelijkheid van menselijke gezondheid, diergezondheid en het milieu. Door het belang van het microbioom in het onderhouden van deze verbanden te erkennen, kunnen we strategieën ontwikkelen om wereldwijde gezondheid en duurzaamheid te bevorderen. Zo kan inzicht in de rol van het microbioom in de nutriëntencyclus en ziekteresistentie leiden tot duurzamere landbouwpraktijken, minder afhankelijkheid van kunstmest en pesticiden en een gezondere bodem.

Bovendien heeft het microbioom implicaties voor de preventie en bestrijding van infectieziekten. Onderzoek naar microbiële gemeenschappen kan ons helpen de transmissiedynamiek van ziekteverwekkers beter te begrijpen en gerichte interventies te ontwikkelen. Door het microbioom te manipuleren, kunnen we mogelijk de weerstand tegen ziekten verhogen en de verspreiding van infecties verminderen.

Bovendien heeft het microbioom het potentieel om een revolutie teweeg te brengen in de geneeskunde en de gezondheidszorg. Vooruitgang in het microbioomonderzoek heeft geleid tot de ontwikkeling van nieuwe therapieën, zoals fecale microbiotatransplantatie (FMT), waarbij gezonde microbiële gemeenschappen worden overgebracht om het evenwicht te herstellen bij personen met een verstoord microbioom. Bovendien worden probiotica en prebiotica onderzocht op hun potentieel om een gezond microbioom te bevorderen en verschillende ziekten te voorkomen of te behandelen.

Concluderend kan worden gesteld dat het microbioom een cruciale rol speelt bij het vormgeven van de gezondheid van onze planeet. Van het beïnvloeden van de menselijke gezondheid tot het in stand houden van

het evenwicht van ecosystemen, de microbiële gemeenschappen om ons heen hebben een diepgaande invloed op het welzijn van onze planeet. Door de kracht van het microbioom te begrijpen en te benutten, kunnen we werken aan een duurzamere, veerkrachtigere en gezondere toekomst voor onszelf en onze planeet.

Deel 1

Het eerste deel van dit proefschrift, hoofdstuk 2, 3, 4 en 5, schetst de relatie tussen gastheer en microbe en de cruciale rol ervan bij het behoud van de gezondheid van de mens. Gastheer-microbiële interacties zijn complex en veelzijdig en kunnen zowel positieve als negatieve gevolgen hebben voor het menselijk lichaam. Het is van vitaal belang om onderscheid te maken tussen pathogene (ziekteveroorzakende) en nuttige microben en met de komst van high-throughput technologieën wordt ons begrip van gastheer-microbiële interacties steeds beter. Met deze technologieën kunnen we enorme hoeveelheden gegevens genereren en door deze schat aan gegevens te analyseren, kunnen we beter begrijpen hoe microben op moleculair, cellulair en systemisch niveau met hun gastheer interageren.

Inzicht in de mechanismen waarmee pathogene microben interageren met het menselijk lichaam kan helpen bij de ontwikkeling van doelgerichte therapieën en het ontwerp van vaccins om infecties te voorkomen. Daarnaast kan het bestuderen van gastheer-microbiële interacties helpen bij het identificeren van nuttige microben die de gezondheid en het welzijn bevorderen. Verder kan het bestuderen van gastheer-microbiële interacties ook inzicht verschaffen in de ontwikkeling van microbiële geneesmiddelenresistentie. Door te bestuderen hoe microben zich aanpassen en evolueren in reactie op therapeutische interventies, kunnen we effectievere strategieën ontwerpen om geneesmiddelresistente infecties te bestrijden.

Deel 2

Het tweede deel van dit proefschrift gaat in op het gebied van microbiële genomics, waarbij specifiek wordt ingegaan op de significante hoeveelheid multiomics data die door verschillende technieken wordt gegenereerd. Het proefschrift verkent kort het brede scala aan toepassingen van microbiële genomics. Deze toepassingen kunnen bestaan uit het bestuderen van microbiële diversiteit, het onderzoeken van de rol van micro-organismen in verschillende ecosystemen, het begrijpen van hun interacties met gastheren (zoals in onderzoek naar de menselijke microbiota) en het verkennen van hun potentieel in de biotechnologie, landbouw en geneeskunde.

Een cruciaal aspect dat in dit deel van het proefschrift wordt besproken, is de juiste opslag van de enorme hoeveelheid multiomics-gegevens uit de gezondheidszorg in cloudplatforms. Cloudplatforms bieden schaalbare en kosteneffectieve oplossingen voor het beheren en opslaan van grote hoeveelheden multiomics-gegevens, waardoor onderzoekers hun gegevens efficiënt kunnen opslaan, analyseren en delen met de wetenschappelijke gemeenschap. Het beheren en bewaren van deze gegevens is essentieel omdat het ervoor zorgt dat de informatie direct beschikbaar is voor de wetenschappelijke gemeenschap voor verdere exploratie en analyse. De beschikbaarheid van gegevens is cruciaal voor onderzoekers om belangrijke onderzoeksgebieden te onderzoeken en belangrijke ontdekkingen te doen.

Om onderzoekers te helpen bij hun onderzoek naar het microbiële genoom, belicht dit deel van het proefschrift de belangrijkste bronnen die beschikbaar zijn voor onderzoek naar het microbiële genoom. Deze bronnen kunnen databases, software/tools, computationele platforms en andere relevante informatiebronnen omvatten. Door een gids te bieden voor deze bronnen, helpt het proefschrift onderzoekers bij het selecteren van de meest geschikte computationele tools en bronnen die het beste passen bij hun microbiële studie.

Daarnaast benadrukt het proefschrift het belang van genomische surveillance, vooral in de context van het opsporen van opkomende pathogenen. Genomische surveillance omvat het systematisch monitoren en analyseren van genomen van ziekteverwekkers om de verspreiding van infectieziekten te identificeren en te volgen. Door de genomische variaties van ziekteverwekkers te detecteren en te bestuderen, kunnen wetenschappers inzicht krijgen in hun transmissiepatronen, virulentiefactoren en mogelijke behandelingsstrategieën. Dit deel van het proefschrift onderstreept het belang van genomische surveillance als een proactieve benadering van de volksgezondheid, die vroegtijdige detectie en reactie op opkomende infectieziekten mogelijk maakt.

Over het algemeen geeft dit deel van het proefschrift een overzicht van microbiële genomica, benadrukt het de noodzaak van open gezondheidsgegevenswolken voor goede gegevensopslag en beschikbaarheid, onderstreept het microbiële onderzoek geassocieerde computationele bronnen, en benadrukt het het belang van genomische surveillance bij het opsporen en aanpakken van opkomende ziekteverwekkers.