

University of Groningen

Nature-inspired microfluidic propulsion using magnetic artificial cilia

Khaderi, Syed Nizamuddin

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2011

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Khaderi, S. N. (2011). *Nature-inspired microfluidic propulsion using magnetic artificial cilia*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

Lab-on-a-chip is een technologie die zich richt op het miniaturiseren van klinische tests op biologische vloeistofmonsters (zoals bloed en urine), die traditioneel worden uitgevoerd in klinische laboratoria. Een lab-on-a-chip bestaat uit een collectie ‘micro-kamers’ (waar de bio-analytische tests worden uitgevoerd), verbonden via micro-kanalen waar vloeistoftransport plaats vindt. In dit werk presenteren we een nieuwe manier om deze vloeistoffen voort te bewegen door transportmechanismen uit de natuur na te bootsen. Deze transportmechanismen werken in de natuur op de micrometer lengteschaal op basis van trilhaartjes (cilia genaamd) die uit-fase bewegen en hierdoor een collectieve golfbeweging vertonen (een metachronische golf). Daarnaast bewegen de individuele cilia in een asymmetrische manier met een aparte effectieve en herstelslag. Tijdens de effectieve slag zijn de cilia recht en duwen een grote hoeveelheid vloeistof, terwijl ze tijdens de herstelslag buigen, laag blijven en hierdoor slechts een kleine hoeveelheid vloeistof terugduwen. De netto vloeistofvoortstuwing is hierdoor in de richting van de effectieve slag.

In dit werk hebben we kunstmatige trilhaartjes ontworpen die kunnen worden gerealiseerd met behulp van dunne polymeerlagen gevuld met magnetische nano-deeltjes. Hierdoor kunnen ze worden vervormd met behulp van een extern aangebracht magnetisch veld. Op basis van een gekoppeld magneto-mechanisch, ‘solid-fluid’, numeriek model hebben we uitgezocht hoe het magnetisch veld moet worden ontworpen om de asymmetrische beweging van natuurlijke cilia na te bootsen. Het fysische gedrag van de kunstmatige cilia hebben we verder bestudeerd in termen van dimensieloze parameters en de effectieve parameter-ruimte is bepaald waarin de trilharen een maximale vloeistofstroming genereren.

Het effect van verschillende factoren, zoals vloeistoftraagheid en metachronische golven, hebben we in detail in kaart gebracht. In het geval van metachronisch golven wordt de stroming tijdens de herstelslag van een cilium belemmerd door de effectieve slag van de rest van de trilharen. Dit leidt tot een drastische toename van de vloeistofstroming. De vloeistof stroomt dan continue in een richting, in tegenstelling tot de fluctuerende stroming in het geval van synchronisch bewegende trilharen. In aanwezigheid van vloeistoftraagheid zorgt de kinetische energie-input ervoor dat de stroming nog steeds in de richting van de effectieve slag plaatsvindt, ook al zijn de trilharen hun herstelslag begonnen. Ook hier leidt dit tot een aanzienlijke verhoging van de netto getransporteerde vloeistof. In aanwezigheid van vloeistoftraagheid speelt tijds-asymmetrie (verschil in snelheid van de trilharen gedurende de effectieve en herstelslag) ook een rol. Door het uitvoeren van

een parameterstudie hebben we geconstateerd dat de richting van de vloeistofstroming kan worden gecontroleerd door het afstemmen van de frequentie van het aangelegde magnetische veld.

Tot slot hebben we een numeriek model ontwikkeld om de driedimensionale ‘solid-fluid’ interactie van kunstmatige cilia te beschrijven. De nauwkeurigheid van het model hebben we aangetoond op basis van vele ‘benchmark’-studies en we hebben de toepassingen van het model gellustreerd met behulp van een aantal fysisch-relevante voorbeelden.