



Studies of diffusion in cardiac muscle cells

Master's thesis

Student: Heleri Melles

Student code: 231941LAFM

Supervisor: Marko Vendelin, professor
(Laboratory of Systems Biology, PhD)

Co-supervisor: Otto Gustavson, PhD student
(Laboratory of Systems Biology, MSc)

Curriculum: Applied Physics and Data Science

Tallinn 2026



Difusiooni uuringud südamelihaskudedes
Magistritöö

Üliõpilane: Heleri Melles

Üliõpilaskood: 231941LAFM

Juhendaja: Marko Vendelin, professor
(Süsteemibioloogia laboratoorium, PhD)

Kaasjuhendaja: Otto Gustavson, doktorant
(Süsteemibioloogia laboratoorium, MSc)

Õppekava: Rakendusfüüsika ja andmeteadus

Short summary

In cardiac muscle cells, the diffusion of metabolites and signalling molecules is restricted by intracellular structures including the sarcoplasmic reticulum, mitochondrial outer membranes, and the dense protein lattice of the Z-line. Earlier raster image correlation spectroscopy (RICS) studies have quantified this restriction as a reduction of the apparent diffusion coefficient relative to free solution, but have reported only spatially averaged values and have not localised the underlying structures along the cell axis.

The aim of this thesis is to develop and validate a computational methodology that characterises diffusion barriers in a spatially resolved manner along the scan direction of single-line RICS recordings. The methodology is applied to previously acquired measurements of isolated rat cardiomyocytes.

Lühikokkuvõte

Südamelihasrakkudes piiravad metaboliitide ja signaalmolekulide difusiooni rakusisesed struktuurid, sealhulgas sarkoplasmaatiline retiikulum, mitokondrite välismembraanid ning Z-joone tihe valguvõrgustik. Varasemad rasterpildi korrelatsioonispektroskoopia (*raster image correlation spectroscopy*, RICS) uuringud on kvantifitseerinud nende struktuuride põhjustatud takistuse näiva difusioonikoefitsiendi vähenemisenähtena võrreldes lahusega, kuid tulemusi on esitatud üksnes üle kogu raku keskmistuna. Seetõttu ei ole olnud võimalik määrata difusioonibarjääride täpseid asukohti raktueljel.

Käesoleva magistritöö eesmärk on välja töötada ja valideerida arvutuslik meetodika, mis võimaldab ühe skaneerimisrea (*single-line*) RICS-mõõtmiste põhjal ruumiliselt eristatud viisil iseloomustada difusioonitakistusi piki rakku. Meetodikat rakendatakse laboris varem kogutud isoleeritud rotisüdamelihasrakkude mõõteandmetele.