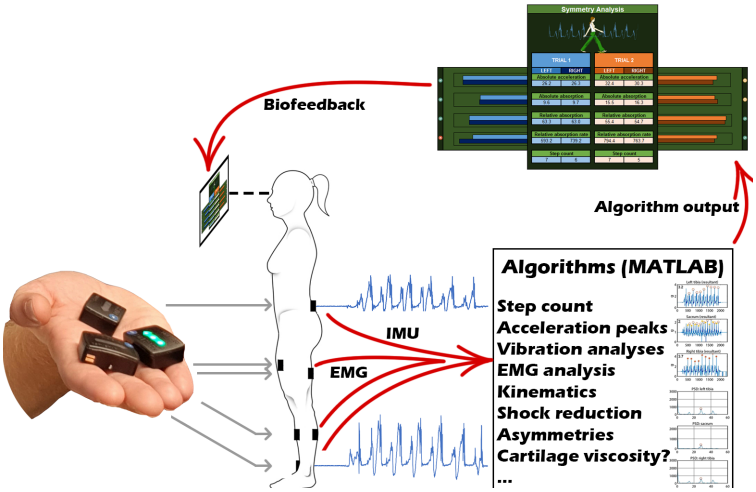
KRAAKBEEN METEN ZONDER LAB

"Fysiotherapeuten kunnen veel zien, maar niet hoe de kwaliteit is van het kraakbeen in de knie. Met ShoQR wil ik hen dat extra zintuig geven." Tim Gerbrands liet de deelnemers van de Studiegroep Wiskunde met de Industrie een been modelleren, om zijn data te kunnen valideren.

Een supervet project, zo omschreef een jurylid van de Fontys Denk Groter-prijs het project van bewegingswetenschapper Tim Gerbrands, docent-onderzoeker aan de Fontys Paramedische Hogeschool. Hij won de prijs met zijn project ShoQR. ShoQR is een meet- en analysesysteem voor kniebelasting. Voor het meten van kniebelasting is normaal een duur laboratorium nodig. "ShoQR doet eenzelfde soort metingen met behulp van opplakbare sensoren, waardoor de metingen haalbaar worden voor bijvoorbeeld fysiotherapeuten", vertelt Gerbrands. "Ik wil het lab naar buiten brengen."

ShoQR is nog vol in ontwikkeling. Om het project weer een stap verder te brengen, deed Gerbrands mee aan de Studiegroep Wiskunde met de Industrie. Hij vond de week al geslaagd toen ze net begonnen was: "Het is prettig als er mensen van buiten kritisch met je meekijken. Bovendien ken ik nu mensen bij Toegepaste wiskunde bij Fontys, waarmee ik sowieso contact had willen zoeken om te zien of samenwerking mogelijk was.

ShoQR begon als idee in Gerbrands' promotietijd, en groeide uit tot een project dat richting marktintroductie beweegt. "Een spannende fase", beaamt Gerbrands. Maar voor het zover is, moet er nog werk worden verricht: Gerbrands wil eerst hard aantonen dat de metingen van zijn sensoren daadwerkelijk voldoende informatie bevatten over de kraakbeenkwaliteit in de knie. "Het beenmodel waar ik in Matlab mee werk, voorspelt dat de data inzicht kunnen geven in kraakbeenkwaliteit. Er ontbreekt nu nog een wiskundig model om dit te valideren."



Schematische weergave van ShoQR, het meet- en analysesysteem voor kniebelasting. Beeld: ShoQR

"Het kraakbeen in de knie vangt piekbelastingen op tijdens het lopen", vertelt Gerbrands. Bij mensen met artrose - een doelgroep voor ShoQR - is het kraakbeen aangetast. "Hun kraakbeen verandert plaatselijk in een soort drab en ze krijgen pijn bij het lopen." Patiënten met artrose moeten blijven bewegen om het kraakbeen zo veel mogelijk in vorm te houden. Te zware belasting kan het kraakbeen echter verder beschadigen. Er is dus een optimum tussen te veel en te weinig belasten. Waar dat optimum ligt, verschilt per patiënt. Artsen en fysiotherapeuten kunnen de conditie van het kraakbeen van de patiënt nu niet meten; zij weten daardoor niet goed hoeveel beweging goed is voor de patiënt. Daarover wil Gerbrands wil met ShoQR advies op maat kunnen geven. Ook leent het systeem zich voor het meten van het effect van een ander paar schoenen, of een brace.

Gerbrands vertelt dat er al talloze sportgadgets op de markt zijn die claimen iets soortgelijks te doen. "Die zeggen de impact te meten

tijdens het hardlopen, maar als je daar in detail naar kijkt, stelt het weinig voor. Ze meten alleen de versnelling, en waarschuwen als die hoog is. Maar een belasting die voor de één prima is, kan voor een ander te hoog zijn. Deze gadgets kunnen geen deugdelijk advies geven, omdat ze geen inzicht hebben in de kraakbeenkwaliteit." Voor Gerbrands staat *evidence based* hoog in het vaandel: "Ik werk vanuit de wetenschap, ik wil een meetsysteem ontwikkelen dat is gebaseerd op deugdelijk onderzoek. Het moet leiden tot een advies dat mensen kunnen vertrouwen."

Gerbrands vraagt de deelnemers van de studiegroep om een wiskundig model van het been, vertelt hij tijdens zijn presentatie op de openingsdag. "Ik heb veel metingen, bij mensen met en zonder artrose. Ik zie verschillen tussen die groepen, maar zijn die verschillen groot genoeg voor uitspraken op individueel niveau? Kortom, ik wil meer inzicht in wat de data me wel en niet kunnen vertellen over de kraakbeenkwaliteit. Met een model kun je de stap zetten van metingen naar mechanische eigenschappen."

Mara Smeele is masterstudent wiskunde, en trouw deelnemer aan de Studiegroep Wiskunde met de Industrie. "De derde keer alweer", lacht ze. De eerste keer werd ze meegenomen door hoogleraar Vivi Rottschäfer. Smeele: "Toen was ik best onder de indruk van al die ervaren wiskundigen die meededen." Inmiddels is ze routinier, haar rol is die van kritisch allrounder: "Ik ben niet de rasspecialist die onder tijdsdruk even snel het model in elkaar draait. Ik kan wel de juiste vragen stellen en kritisch meedenken." Ze koos voor ShoQR omdat ze het onderwerp interessant vond. De vraag sloot bovendien het beste aan bij haar expertise, dynamische systemen.

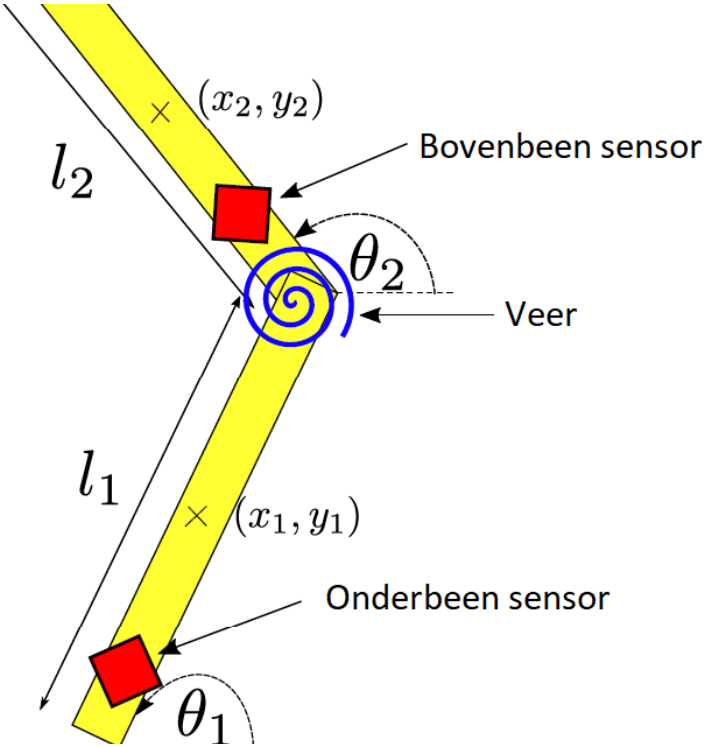
De groep van dertien wiskundigen ontwikkelde in de week twee beenmodellen. Een eerste model voor een recht been, een tweede voor een bewegend been, gebaseerd op een model uit de literatuur.

"Het eerste model is vrij eenvoudig", vertelt Smeele. "Het boven- en onderbeen en de knie beschouw je als een demper-veer systeem. Het model bevat een maat voor de viscositeit van de knie, wat een maat kan zijn voor de kraakbeenkwaliteit." De eenvoud van het rechtbeenmodel is zijn kracht: je kan de fysica van het lopen zelf negeren. Gerbrands: "Als je aan een recht been meet, meet je echt de materiaaleigenschappen van het been zelf. Je hebt geen last van verschillen in looppatronen." Metingen aan een recht been zijn bovendien onder goed gecontroleerde omstandigheden te doen. Gerbrands: "Je kan iemand met rechte benen op een trilplaat zetten en meten hoe het been de trillingen absorbeert. Of je laat iemand liggen en tikt tegen zijn hakken."

ShoQR gebruikt sensoren met een versnellingsmeter voor het meten van de impact van een stap, en een gyroscoop en een magnetometer voor de oriëntatie van het lichaam. De sensoren bevestigt Gerbrands gewoonlijk op de onderrug en aan de enkel. "Verrassend was dat de wiskundigen me vertelden dat die sensor op de onderrug wat hen betreft wel weg kon. Zij hadden genoeg aan de informatie uit de sensor op de enkel." De wiskundigen gebruikten de versnellingsmeter om de impact van een tik op de voet te bekijken. Ze konden uit de vorm van de piek afleiden hoe goed de knie de tik absorbeerde.

De groep experimenteerde zelfs met een zelfgebouwd been van twee houten stokken met een stuk schuim ertussen als knie. De wiskundigen bonden de ShoQR-sensoren op het hout, om daarna met een hamer tegen het uiteinde te tikken. "Dit leek ons een goed experiment om het model te ijken, omdat je precies weet welke materiaaleigenschappen dit nepbeen heeft", legt Smeele uit. Een goed idee, om een net experiment uit te voeren was de houtje-touwtje-opzet ongeschikt. Smeele lacht bij de herinnering aan het doe-het-zelven: "Het idee staat nog overeind, de uitvoering moet echt beter."

De wiskundigen analyseerden ook data die Gerbrands voor ze had meegebracht. Een deel daarvan waren metingen bij mensen die op een trilplaat stonden. De wiskundigen gaven Gerbrands na hun analyses het advies om dit soort metingen bij een andere frequentie te doen. Smeele: “De trilplaat trilt gewoonlijk met een frequentie van 7 hertz. In de data zagen we dat de versnelling van de knie soms groter was dan die van de trilplaat zelf. Dat betekent dat er resonantie optreedt, dat het lichaam juist bij die frequentie extra meeveert.” Niet zo gek, benadrukt de wiskundige, als je bedenkt dat trilplaten zijn gebouwd om spieren mee te kweken: “Ik vermoed dat resonantie dan juist goed is. Maar om knie-eigenschappen te meten, wil je dat liever vermijden.”



Schematische weergave van het model met buigbare knie.

Het tweede model van de wiskundigen was een beenmodel met een buigbare knie. "Je beschouwt het been als een dubbele slinger, met een demper-veer-systeem in de knie", vertelt Smeele. Dit model baseerden de wiskundigen op modellen uit de literatuur. "Ook in dit model zijn er weer twee belangrijke parameters, de veerconstante en de dempingsfactor van de knie. Die kan je bepalen met behulp van loopdata, en dat geeft je dan een maat voor de kraakbeenkwaliteit", zegt Smeele. Waar de veerconstante vooral de periode van de beweging bepaalt, lijkt de dempingsfactor de kwaliteitsmaat waar Gerbrands naar zoekt.

Dit model heeft als input wel de hoek van de knie nodig. Om die te meten, is een extra sensor op de knie noodzakelijk. Gerbrands bracht de sensoren een dag mee naar de studiegroep, waardoor zij metingen konden doen van hun eigen loopjes met een sensor op de knie.

Gerbrands is blij met de twee beenmodellen. "Vooraf was ik een beetje bang dat ik de wiskundigen snel kwijt zou zijn, dat ze met modellen zouden komen die voor mij te ingewikkeld zijn om mee uit voeten te kunnen. Dat is gelukkig niet zo, hiermee kan ik echt aan de slag."

De modellen geven beiden een maat voor de demping van de knie. Is dat inderdaad een bruikbare maat voor kraakbeenkwaliteit? Zijn de data van de sensoren van voldoende kwaliteit om verschil te kunnen zien tussen goed en slecht kraakbeen? Nu hij de modellen heeft, kan Gerbrands met die belangrijke vragen aan het werk: "Ik heb nu een model om mijn data mee te interpreteren. Ik ben ook blij met de inspiratie voor nieuw experimenteel onderzoek om de voorspellingen van het model te toesten. Dankzij de wiskundigen kan ik weer even vooruit met het onderzoek. Hopelijk binnenkort ook met hulp van afstudeerders van mijn wiskundecollega's bij Fontys."