



WAT EEN BIOMECHANISCH MODEL ZO SPANNEND MAAKT CHRIS J. SNIJDERS

*Deze publicatie betreft een afscheidscollege
aan de Erasmus Universiteit Rotterdam*

ISBN 90-77906-34-7



WAT EEN BIOMECHANISCH MODEL ZO SPANNEND MAAKT

CHRIS J. SNIJDERS

WAT EEN BIOMECHANISCH MODEL ZO SPANNEND MAAKT

Oplage 1.000
Omslagfoto Piet Smaal
Ontwerp Ontwerpwerk, Den Haag
Drukwerk Demmenie Grafimedia, Alphen aan den Rijn

ISBN 90-77906-34-7

© Prof. dr. ir. Chris J. Snijders, Erasmus MC
3 november 2006

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd zonder voorafgaande toestemming van de auteur.

Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van art. 16h t/m 16m Auteurswet 1912 j°. Besluit van 27 november 2002, Stb. 575, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoeding te voldoen aan de Stichting Reprorecht te Hoofddorp (Postbus 3060, 2130 KB).

WAT EEN BIOMECHANISCH MODEL ZO SPANNEND MAAKT

REDE

Afscheidscollege Prof.dr.ir. Chris J. Sniijders
Hoogleraar Medische Technologie
Erasmus Universiteit Rotterdam en
Afdelingshoofd Biomedische Natuurkunde
en Technologie Erasmus MC

Uitgesproken 3 november 2006

door

CHRIS J. SNIJDERS

*Mijnheer de Rector Magnificus,
Leden van het College van Bestuur,
Leden van het Bestuur van het Erasmus MC,
Dear Friends from abroad,
Zeergewaardeerde toehoorders,*

Inleiding

In dit afscheidscollege worden biomechanische modellen besproken over lage rug- en bekkenklachten, over nek-, arm- en handklachten en over bewegingssturing. Deze dienen als illustratie van het spannende van een model: men kan ermee verklaren wat velen bezighoudt en men kan ermee voorspellen. Omdat het een afscheidscollege is wil ik hieraan enkele ervaringen vastknopen uit de vele jaren die ik heb gewerkt aan de drie technische universiteiten van Nederland en het Erasmus MC. Ook dank ik veel aan mijn benoeming als honorary professor aan de Queensland University in Brisbane, Australië.

De leerstoel Medische Technologie was gevestigd in Rotterdam met een dubbelbenoeming in Delft. Dit omvatte biomechanisch onderzoek en medisch-technisch ontwerpen. In mijn afscheidscollege in Rotterdam ligt het accent op het eerste, mijn afscheidscollege in Delft zal onder andere gaan over het ontwerpen van apparatuur voor het klinisch-chemisch laboratorium, de cardiologie, chirurgische instrumenten en hulpmiddelen voor gehandicapten. De titel zal zijn: “Ontwerpen is genieten”.

Lage rug- en bekkenklachten

“Steeds valt mij op dat mensen met lage rugklachten iets voorover staan met een wat rechte rug”, zo vertelde mij orthopedisch chirurg Dries Bonne in 1964. Onze ontmoeting was toevallig, omdat ik als student een been had gebroken. Hij vroeg mij een apparaat te ontwerpen om deze typische vorm van de wervelkolom te meten. Dat leidde tot een bijzonder ontwerp waarvoor ik een studiepunt kreeg van mijn leermeester prof.ir. Wim van der Hoek, befaamd ontwerper van dynamische systemen bij Philips. Het meten met dit apparaat leidde tot hier en daar een voordracht en publicaties.^{1,2} Zo leerde ik de publicatiecultuur in de geneeskunde kennen, ongeveer alles opschrijven waar je blik op valt. Dit in contrast met mijn promotor, prof.dr.ir. Alexander Horowitz, eredoctor van de TU Delft, een beroemd ontwerper die geen enkele internationale publicatie had. Veertig jaar geleden wist men ook al dat rugklachten reeds bekend zijn uit de tijd van Hippocrates en dat ongeveer 80% van de mensen op enig moment in hun leven er mee te maken krijgt. In de Verenigde Staten van Amerika spreekt men van “the single most expensive disease in society”. Rugklachten komen namelijk vaak voor bij mensen in de bloei van hun leven, hetgeen naast de kosten voor behandeling ook hoge kosten door verzuim en sociale uitkeringen met zich mee brengt. Omdat de oorzaak in 90% van de gevallen niet bekend was en niet aan een bepaalde structuur kon worden toegeschreven, dacht ik naïef dat er wel heel veel onderzoek op dit gebied zou plaatsvinden. Maar dat was niet zo, omdat volgens Davis, rugonderzoek nog niet ver ontwikkeld was en geen subsidie kon krijgen omdat het nog niet ver ontwikkeld was. Maar het zal ook vooral te maken hebben met het feit dat, alhoewel levens erdoor worden verziekt en gezinnen erdoor instorten, men aan deze ziekte als zodanig niet dood gaat.

Na mijn afstuderen kon ik gaan werken bij Philips of bij Shell-offshore in Brunei. Maar prof. Horowitz, de uitvinder van de Philishave, bood mij aan te komen werken bij zijn ingenieursbureau CCM of bij hem te promoveren. Ik koos voor het laatste, en het onderwerp was: metalen veren. Natuurlijk heel interessant wegens Philips en DAF. De vrijetijdsbesteding met de eerdergenoemde dr. Bonne werd echter zo interessant dat ik vroeg of ik niet op de biomechanica van de wervelkolom zou mogen promoveren. Neen, dat kon niet, dat was geen werktuigbouwkunde en kon niet exact genoeg zijn. In een bijeenkomst met wis- en natuurkundehoogleraren en de rector werd echter erkend dat er genoeg wiskunde en mechanica zat in wat ik had gevonden en wat ik nog van plan was te doen.³ Het was in die periode dat dr.ir. Frits Philips het Instituut voor Manuele Geneeskunde vestigde in een statige villa in het centrum van Eindhoven. Hij had zelf baat gevonden bij de behandeling van een Australisch manueel therapeut. Artsen manuele geneeskunde waren aangetrokken en mij werd gevraagd wetenschappelijk onderzoek op te zetten. Hiervoor kon ik royaal beschikken over ruimte en faciliteiten. Die infrastructuur werd versterkt met de orthopedisch chirurg Nico Snijder die zich had gevestigd in het St. Anna Ziekenhuis in Geldrop. Mijn vraag uit pure nieuwsgierigheid was hoe de vorm van de wervelkolom verandert tijdens de zwangerschap. Daar zou je aan moeten kunnen rekenen. De algemene opvatting was dat de lendenwervelkolom

tijdens de zwangerschap holler zou worden door het wat achterover hangen. Dat zoveel zwangeren last krijgen van hun lage rug werd dan ook door artsen toegeschreven aan het holler worden van de onderrug. Eerst werd een biomechanisch model opgesteld en toen gemeten. Echter, enkele weken voor de bevalling bleek de wervelkolom rechter te zijn dan na de bevalling. En daarmee was tijdens de zwangerschap de lichaamslengte, gemeten op hetzelfde tijdstip van de dag, ook wat groter dan na de bevalling: "Hoe langer, hoe zwanger".⁴ Het model moest worden veranderd en wat betreft de rugklachten, verlegde dit de aandacht naar de sacroiliacale gewrichten (SI-gewrichten). Stevigheid zou verloren kunnen gaan door verweking van het bandapparaat om de bevalling te vergemakkelijken. Een met kleine kracht om het bekken aangelegde band zou die stevigheid kunnen teruggeven en de rugklachten verminderen. De proef op de som (1977) liet zien dat een bekkenbandje hielp in 80% van de gevallen, maar de precieze werking was nog een 'black box'.

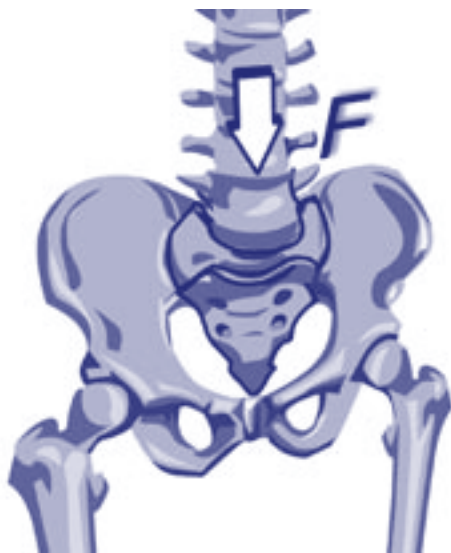
Het voorgaande is zo uitvoerig verteld om te illustreren dat onderzoek uit pure nieuwsgierigheid tot verrassende nieuwe inzichten kan leiden met in dit geval een serendipiteuze vondst. In mijn persoonlijke geval illustreert het hoe een aantal volstrekt toevallige omstandigheden een stempel heeft gedrukt op mijn verdere leven.

Krachtoverdracht van lage rug naar bekken en benen

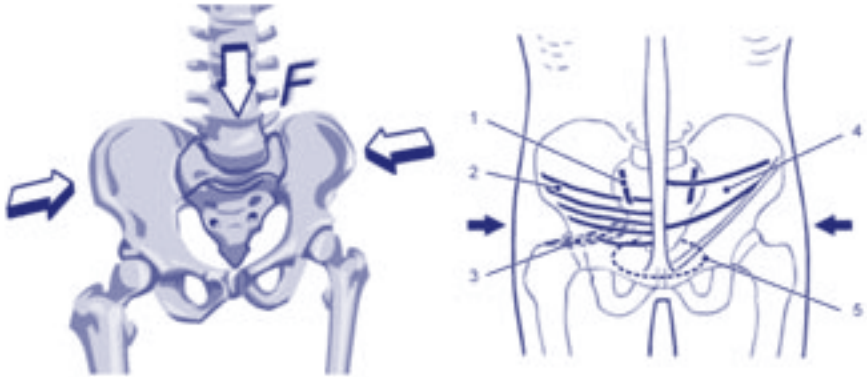


Figuur 1. De verticale lichaamsgewichtskracht staat loodrecht op het vrijwel horizontale gewrichtsvlak van het onderbeen. Zo kan men staan met weinig kracht van banden en spieren.

Het dragen van het lichaamsgewicht is een zware opgave. In gewrichten kan dit door bot-op-botcontact waarbij weinig kracht nodig is van spieren en banden. Dat geldt ook voor de knie (figuur 1), omdat tijdens staan het vrijwel platte gewrichtsvlak van het onderbeen, het tibia plateau, vrijwel loodrecht staat op de richting van de zwaartekracht. Dit geldt analoog voor de wervelkolom; tijdens rechtop staan en zitten staan de tussenwervelschijven vrijwel loodrecht op de richting van de zwaartekracht. Zelfs tijdens voorover buigen staat de verreweg grootste krachtcomponent in de rug loodrecht op de tussenwervelschijven. Een volstrekt andere situatie doet zich voor bij de krachtoverdracht tussen het heiligbeen, de vijf vergroeide onderste wervels, en de heupbeenderen. Het gewicht van het bovenlichaam wordt gedragen door één of beide SI-gewrichten. Deze hebben een hoofdzakelijk platte vorm die ongeveer ligt in de richting van de zwaartekracht (figuur 2).

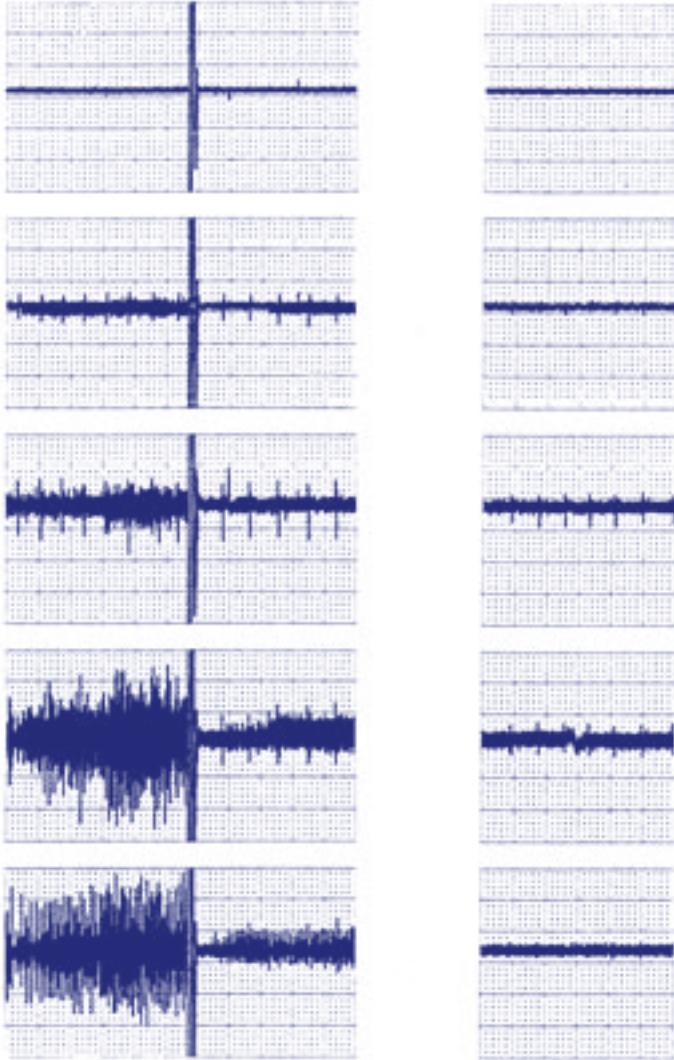


Figuur 2. De hoofdzakelijk platte gewrichten tussen heiligbeen en heupbeenderen (SI-gewrichten) staan niet loodrecht op de gewichtskracht afkomstig van het bovenlichaam (ca. 500 N voor een man van 178 cm).



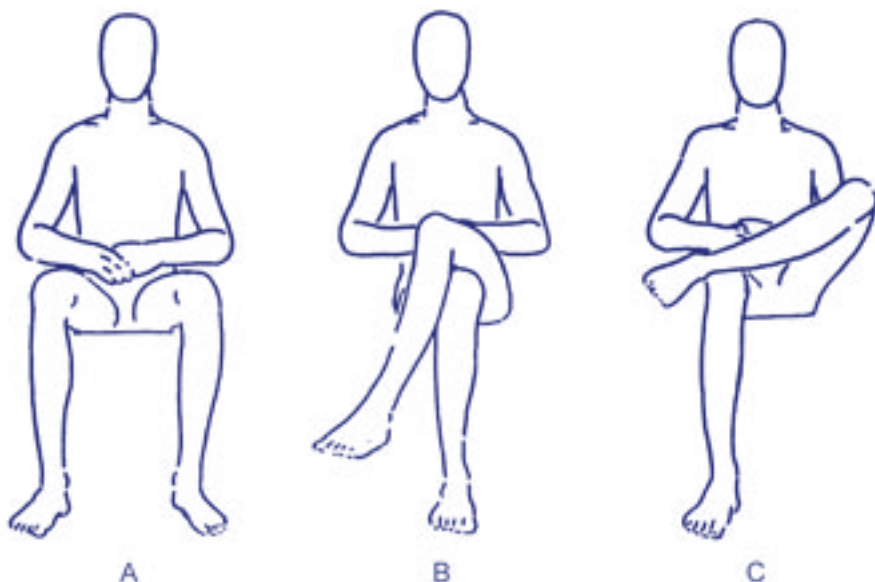
Figuur 4. Dwarsgerichte krachten voor extra stevigheid van de SI-gewrichten. 1) Sacroiliacaal gewricht, 2) m. transversus abdominis, 3) m. piriformis, 4) m. obliquus internus abdominis, 5) bekkenbodemspieren.

Een rondom het bekken met lichte kracht aangetrokken band zou daarvoor kunnen zorgen ('bracing'). Het bleek bij zwangere vrouwen rugklachten te verhelpen, maar dat zou ook door proprioceptie kunnen zijn. Het model vult dit verder in voor in beginsel alle mannen en vrouwen van alle tijden en wel door het volgende te stellen: in een rechtop staande positie zijn altijd spieren actief om de SI-gewrichten te stabiliseren. Ik heb dit 'self-bracing' genoemd. Welke spieren dat zijn kon ik vaststellen door in een anatomieboek op zoek te gaan naar spieren in de bekkenregio met een hoofdzakelijk dwarse richting. Deze zijn schematisch aangegeven in figuur 4. Vervolgens was het nodig om aan te tonen of het model zinnig was. Dit is alweer zo'n spannend deel van biomechanische modelvorming.



Figuur 5. Tijdens zitten zijn met name de dwarsgerichte buikspieren actief (links), tijdens liggen niet (rechts). De activiteit van die spieren neemt af door het kruisen van de benen (midden). Deze elektrische meting van spieractiviteit onderbouwt het model van figuur 4.

In figuur 5 wordt de elektrische activiteit van spieren getoond, in de rechter kolom in liggende houding. Naar verwachting is er dan vrijwel geen activiteit, maar volgens de voorspelling worden tijdens zitten met name de dwarsgerichte buikspieren actief (linker kolom). Deze “gaan aan bij het opstaan en uit bij het gaan liggen”, ook al is het op een relatief laag niveau.⁶ De voortdurende aanspanning zou vermoeiend kunnen zijn, hetgeen leidde tot de voorspelling dat er wellicht nog een andere oplossing is om het sacrum tussen de heupbeenderen te klemmen. De middelste kolom toont het resultaat. Hier werd aan de proefpersonen gevraagd hun benen te kruisen (figuur 6).⁷



Figuur 6. Het kruisen van de benen vermindert de activiteit van dwarsgerichte buikspieren. Het is zo gezien functioneel en moet niet worden afgeraden.

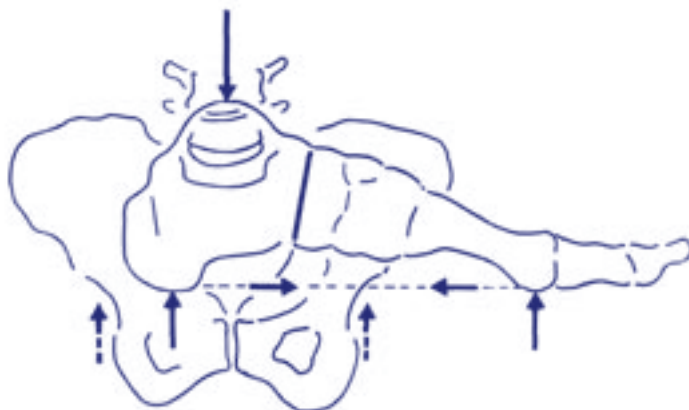
In de wereldliteratuur is geen enkele verklaring te vinden voor het door bijna iedereen regelmatig kruisen van de benen. Op grond van onze verklaring nemen we aan dat dit functioneel is en niet moet worden afgeraden. Vervolgens moest worden aangetoond dat het aanspannen van dwarse buikspieren de laxiteit van de SI-gewrichten vermindert, de stijfheid vergroot. Hiertoe werd een nieuwe meetmethode ontwikkeld waarmee een maat voor die laxiteit op een schaal kan worden vastgesteld.⁸



Figuur 7. De echo-opname links geeft een doorsnede van de drie spierlagen in de buikwand ter hoogte van het bekken. De echo midden toont hoe de gezonde proefpersoon selectief de diepste laag (m. transversus abdominis, TrA) kan aanspannen. Op de echo rechts is te zien dat alle drie spieren worden aangespannen. De laxiteit van de SI-gewrichten nam af door aanspannen van de TrA, die afname was minder voor de situatie rechts. Dit onderbouwt het model en de daarmee samenhangende klinische betekenis.

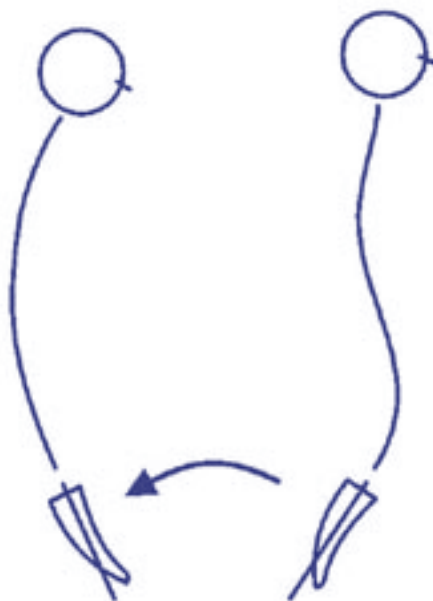
Figuur 7, links, toont de doorsnede van spieren in de buikwand en figuur 7, midden, laat zien hoe de diepgelegen transversus abdominis selectief kan worden aangespannen. Deze selectieve aanspanning gaf grotere vermindering van SI-laxiteit dan in het geval alle buikspieren werden aangespannen (figuur 7, rechts).⁹ Voor dit onderzoek waren dr. Carolyn Richardson en dr. Julie Hides vanuit Australië naar Rotterdam overgekomen.

Het effect van dwarsgerichte buikspieren wordt versterkt door het mechanisme van de bekkenboog.



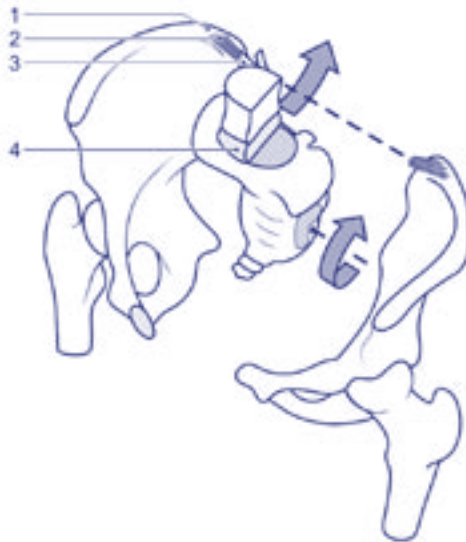
Figuur 8. Model van de bekkenboog en van de voetboog samen getekend. Dit knappe mechanische principe geeft stabiliteit aan de hoofdzakelijk platte gewrichten van het bekken en van de voetwortel.

In figuur 8 is deze samen getekend met de voetboog die niet inzakt dankzij de peesplaat, de aponeurosis plantaris, en de voetspieren die een sterke verbinding vormen tussen de voorvoet en de hiel. Het resultaat is dat in de hoofdzakelijk platte voetwortelbeenderen afschuiving wordt voorkomen, omdat er dankzij de geometrie geen schuifkrachten optreden. De analogie met een Romeinse boog is duidelijk. Deze stort niet in wanneer de ondersteuning aan de zijkant niet naar opzij bewegen. In ons bekkenmodel gaan de heupkoppes niet opzij dankzij kracht van zelfs de bekkenbodemspieren, o.a. m. coccygeus. En wat te denken van de m. obturatorius internus en externus? De bekkenboog met dwarsgerichte spieren is waarschijnlijk het belangrijkste mechanisme van ons 'pelvic stability model'. Ik introduceerde daarvoor de begrippen 'force closure' en 'form closure' (vasthoudkracht en wigvorm sacrum), ontleend aan de werktuigbouwkunde. Tot nu toe ging het om vooraanzichten van lendenwervelkolom en bekken. Navolgend wordt het model uitgebreid met zijanzichten met een ruimtelijk model als eindresultaat.



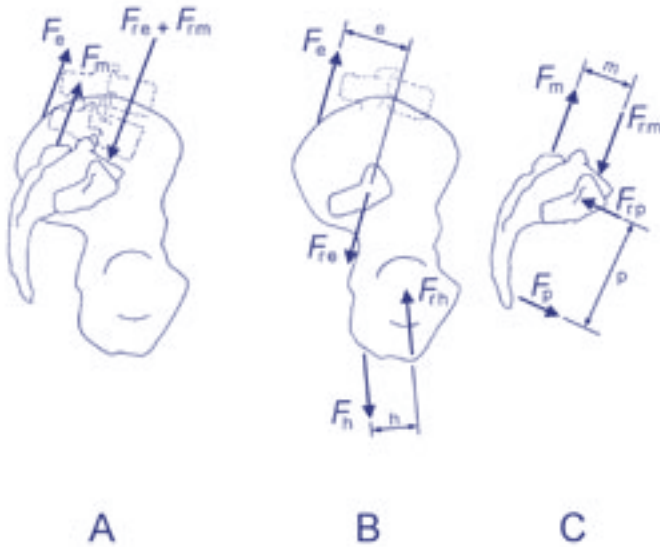
Figuur 9. Overgang van een holle naar een bolle onderrug. Het zogenaamde click-clackmodel dat staat voor 'slouching' of 'slumping', statisch (zitten) of dynamisch (vanuit staan/hurken). De beweging waardoor de iliolumbale ligamenten (IL) kunnen worden overbelast.

Figuur 9 toont het simpele click-clackmodel dat reeds in mijn proefschrift met termen als potentiële energie is beschreven. Men kan dit zelf ervaren door de romp rechtop te houden en naar voren te transleren. Men voelt dat de lendenwervelkolom holler wordt. Het zwaartepunt van de romp ligt hier voor de zitbeenknobbels. Transleert men langzaam naar achteren, dan komt een moment dat het gewicht zich boven de zitbeenknobbels bevindt, waarna bij verdere translatie het bekken achterover kantelt en de lendenwervelkolom bol wordt. Het model beschrijft waarom dit laatste ongunstig is. Hiertoe worden met figuur 10 sterke ligamenten toegevoegd die lopen van de zijuitsteeksels ter weerszijde van de onderste lendenwervel (L5) naar de ter weerszijden gelegen bekkenkammen, de iliolumbale ligamenten (IL).



Figuur 10. Draaiing van L5 naar voren betekent draaiing van het sacrum naar achteren (contranutatie). Volgens het model draait L5 om de as, gevormd door de IL. 1) Bovenste deel bekkenkam, 2) iliolumbale ligament, 3) draaiing van L5, 4) L5-S1 tussenwervelschijf.

Kantelt het bekken achterover, dan draait L5 naar voren waarbij de IL volgens het model fungeren als draaiingsas. Gemeten werd dat tijdens dit deel van de click-clackbeweging het sacrum in tegenovergestelde richting draaide en de IL op spanning kwamen. Door metingen aan anatomische preparaten werd aangetoond dat het spannen van de m. multifidus, een diepgelegen rugspier die aanhecht aan het sacrum, de onderrug hol trekt en de IL ontspant.¹⁰



Figuur 11. A: Bifurcatie in de totale rugspierkracht. B: Rugspieren die trekken aan het heupbeen hebben een andere invloed op het SI-gewricht dan de m.multifidus. C: Agonist-antagonistmodel van m.multifidus (linksboven) en bekkenbodemspieren (rechtsonder) werkend ten opzichte van het tussengelegen SI-gewricht.

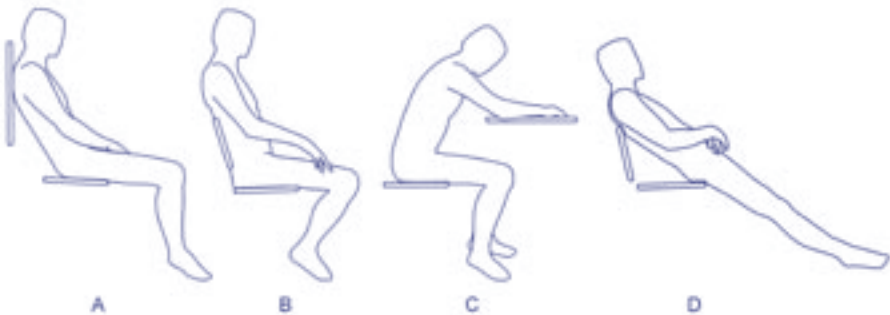


Figuur 12. Tot slot een ruimtelijke (onvolledige) schets van het model. De dwarsgerichte buikspieren, de diepe lage rugspieren en de bekkenbodemspieren beheersen de positie van de SI-gewrichten: 'self-bracing'.

Een volgend mechanisme in het model behelst de werking als agonist en antagonist van de m. multifidus en de bekkenbodemspieren (figuur 11), de laatste op vrij grote afstand van de SI-gewrichten. Figuur 12 toont tenslotte het ruimtelijk model van het diepegelegen spierkorset dat stabiliteit ('self-bracing') geeft aan de lumbosacrale en sacroiliacale overgang.

Bruikbaarheid van dit model

Wanneer het iemand "in de rug geschoten is" doet het veelal pijn naast de wervelkolom, bovenaan de bekkenkam, in de buurt van de aanhechting van de IL. Huisartsen injecteren daar een anestheticum waarbij wordt gezegd dat de therapie ook de diagnose is. Het model laat zien hoe dat ligament kan worden overbelast. Dat is juist niet door voorover gebukt tillen (hoewel de vermoeidheid van rugspieren wel een rol speelt), maar door vanuit een rechtopstaande houding abrupt een extreme click-clackbeweging te maken. Dit zou het zwikken van de onderrug genoemd kunnen worden en lijkt op het zwikken van de enkel, waarbij spieren te laat zijn om de extreme stand van het gewricht te voorkomen. Het verloop van klachten toont ook gelijkenis, in het begin haast verlamme pijn. De meeste klachten gaan vanzelf over en de beste aanpak is licht belasten en niet langdurig rust nemen. De IL kunnen ook overmatig worden belast door een statische belasting, zoals door het zitten met een ingezakte romp ('slumping', 'slouching').



Figuur 13. Het is ongunstig wanneer 1) het zwaartepunt van het bovenlichaam ligt achter de zitbeenknobbels en 2) de onderrug bol is. In A is dat zo en wordt veroorzaakt door de hoge, rechte rugleuning die rechtop staat en de schouders "naar voren duwt". In B geldt weliswaar 1), maar de prima rugleuning die reikt tot iets onder de schouderbladen voorkomt 2). In C is sprake van 2), maar niet van 1), dus dit is niet ongunstig. (Is wel meer belasting voor de nek.) In D is sprake van 1), maar niet van 2). Veel mensen met rugklachten ontlasten zo hun rug.

Het model legt dus uit dat het bij zitten mis gaat wanneer aan twee criteria wordt voldaan: het zwaartepunt van het bovenlichaam ligt achter de zitbeenknobbels en de onderrug heeft een bolle vorm (lendenkyfose). In figuur 13a is dat het geval vanwege een te hoge rugleuning. Vaak wordt de denkfout gemaakt “hoe hoger de rugleuning, des te beter de steun”. In figuur 13b is weliswaar het zwaartepunt achter de zitbeenknobbels gesitueerd, maar er is geen sprake van een bolle onderrug dankzij de goede rugleuning die niet hoger reikt dan tot iets onder de schouderbladen. In figuur 13c is weliswaar sprake van een bolle onderrug, maar het zwaartepunt van het bovenlichaam ligt voor de zitbeenknobbels. En in figuur 13d ligt het zwaartepunt achter de zitbeenknobbels, maar bij dit gestrekte lichaam is de onderrug niet bol. Mensen met last van hun rug zoeken ter verlichting deze houding vaak op.¹⁰

Daartoe uitgenodigd onderzoekt ons team wat de oorzaak is van rugklachten bij astronauten/kosmonauten. In ‘microgravity environment’ is er geen belasting door de zwaartekracht en zou men dus geen rugklachten verwachten. Wat past bij ons model is verandering van de vorm van de wervelkolom, die in de ruimte meer gaat naar de houding van een foetus (‘slouching’). Het gaat dus om lichaamshouding, wat uitgangspunt is van diverse bestaande therapieën. Bovendien is onze hypothese dat het diepgelegen spierkorset in lage rug-bekken in de ruimte niet of niet voldoende “aan gaat” (‘atrophy and neuroplasticity’).¹¹ Met de resultaten van thans drie Soyuz Missions van de European Space Agency (ESA) zijn we tevreden. Maar het aantal astronauten/kosmonauten onder wie André Kuipers, arts, is nog te klein om daarover te rapporteren.

Al enige tijd geleden promoveerde bij ons een vliegerarts op een studie van lage rugklachten tijdens laagvliegen.¹² Ook hier kan men denken aan een sterk gekromde onderrug, omdat de piloot in een F-16 vrij ver naar achteren zit, maar bij laagvliegen graag de grond wil zien en zich daartoe voorover kromt. Even een zijstap. Met ons computernekm model kan worden berekend in welke situatie de neklbelasting bij F-16 vliegers het hoogst is.^{13,14} Wij waren door de IGDKLu gevraagd de bij deze vliegers gerapporteerde neklklachten biomechanisch te analyseren. Dit onderzoek was ook heel bruikbaar bij onderzoek van ‘straddle carrier drivers’ van ECT in de Rotterdamse haven.¹⁵ Zulk arbeid-gerelateerd onderzoek werd gedaan bij Heineken, PTT, Nedstaal, Hoogovens etc. Daarvoor had BNT apparatuur ontwikkeld voor ambulante registratie, waarbij de gemeten persoon geheel vrij bewegend de hele dag kon worden gemeten.¹⁶ Zo werd ook gemeten tijdens golfen.¹⁷

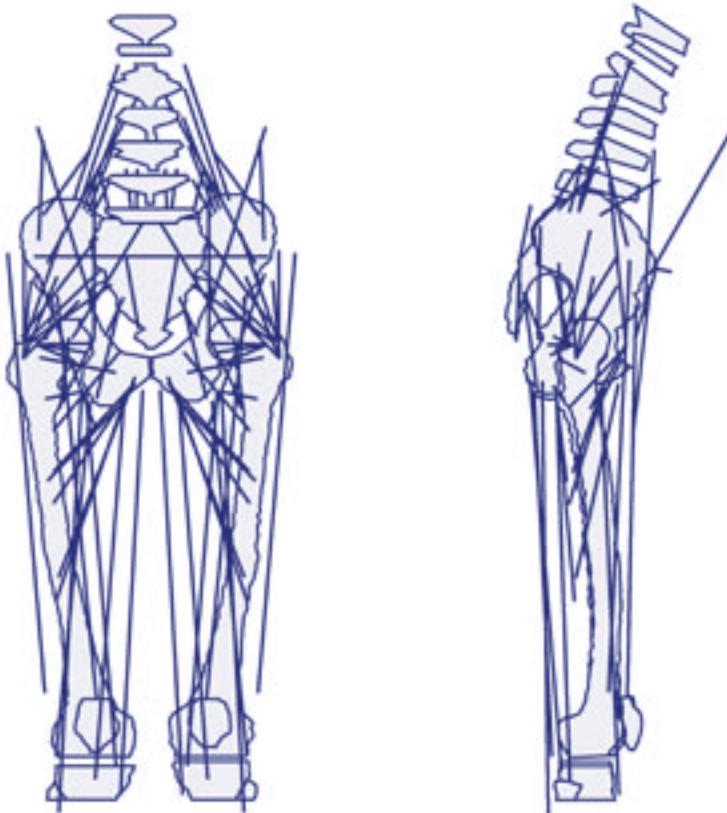
Het lage rug-bekkenmodel verklaart/voorspelt al een heel lijstje van problemen, zoals lage rugklachten tijdens zwangerschap (bekkeninstabiliteit, gerelateerd aan een verschil in laxiteit tussen linker en rechter SI-gewricht (dus niet laxiteit als zodanig)),¹⁸ een relatie tussen lage rugklachten en bekkenbodemp Problemen, zoals obstipatie en stress incontinentie,¹⁹ de mogelijke vergemakkelijking van defecatie door de clack-clickbeweging (figuur 9, tegenovergestelde richting) en daarmee het discutabele van een verhoogd toilet,²⁰ en de mogelijke relatie tussen asymmetrie in laxiteit van SI-

gewrichten en idiopatische adolescente scoliose.^[21] En passant laat het model zien wat rugklachten te maken hebben met de evolutie. Men zegt door het gaan lopen op twee benen ('bipedality'), maar daar blijft het bij, er is dus geen verklaring. Ons model noemt als oorzaak 'static or sudden slouching', dus de click-clackbeweging. Chimpansees staan wat voorover en kunnen die beweging niet maken, omdat zij de heupen niet kunnen strekken.

Klinische betekenis

Het allerbelangrijkste is natuurlijk dat er aanwijzingen zijn gevonden voor de behandeling van specifieke lage rugklachten. Op weergalozie wijze werd aan de University of Queensland in de Faculty of Health and Rehabilitation Sciences door Richardson en Hides een nieuw behandelingsprotocol ontwikkeld.

In het kort komt het erop neer dat werd vastgesteld, dat bij lage rugpijnpatiënten zowel de dwarse buikspieren (m. transversus abdominis) als de diepgelegen rugspieren (sacrale deel van de m. multifidus) niet of onvoldoende kunnen worden aangespannen. De patiënt wordt op subtiele wijze geleerd deze spieren weer te activeren, 'the abdominal hollowing exercise'. De spier wordt daarbij zichtbaar gemaakt met behulp van ultrasound, zodat de patiënt kan zien of hij het goed doet. Het gaat dus om zeer kleine spierkracht. Deze therapie wordt thans toegepast van Italië tot Zweden en op andere continenten.^[22] Naast wetenschappers uit vijf Europese landen zijn deze onderzoekers lid van het door mij samengestelde 'topical team' Low Back Pain van de ESA. In dat verband werd tijdens de 'Berlin Bed Rest Study' vastgesteld dat 60 dagen plat in bed liggen de meeste negatieve invloed heeft op de m. multifidus. En dat de m. multifidus zich in een periode van één jaar daarna niet vanzelf herstelt. Het onderzoek is in Brisbane pas eind jaren 80 begonnen. Ik verbleef daar periodes als 'visiting professor' en wist belangstelling te wekken voor lage rugklachtenonderzoek en deden samen experimenten met buikspieren. Mijn benoeming in Brisbane loopt tot medio 2008. Het lage rug-bekkenonderzoek zal worden voortgezet door mijn opvolgers. Daarvoor beschikken zij over geavanceerde laboratoriumopstellingen in een mooi lab. Met een biomechanisch computermodel, waarmee 100 spierkrachten in en om lage rug en bekken kunnen worden berekend (figuur 14) werd bepaald dat de SI-gewrichten een minimale afschuiving ondervinden en de IL worden ontlast wanneer met name aanspannen: de dwarse buikspieren (TrA), bekkenbodemspieren, m. piriformis, m. obturatorius externus en internus en m. gluteus minimus. Bij elkaar gezet vormen zij als het ware een gesloten krachtlijn: die van een bekkenband. Het heeft dus 30 jaar geduurd om de 'black box' in te vullen. En 40 jaar om de observatie van dr. Bonne te verklaren.



Figuur 14. Een computermodel met 100 spierkrachten en krachten in gewrichten en ligamenten berekent de belasting van de SI-gewrichten in uiteenlopende houdingen.

Buiten gebaande paden treden

Het lage rug-bekkenmodel gaat over de betekenis van spieren en de iliolumbale ligamenten. Daarmee wijkt het af van de gangbare literatuur over tussenwervelschijven. Ook al spreken wij van een aanvulling op bestaande theorieën en bestrijden wij opvattingen over de tussenwervelschijf niet, toch is er kritiek en tegenwerking. Tegenwerking wordt ondervonden bij pogingen artikelen geplaatst te krijgen. Teksten van sommige referees liegen er niet om: “Skeletal muscles not meant to move joints, ridiculous.” Een van de meest beroemde orthopeden ter wereld zegt bij

elke ontmoeting dat ik mij niet met ‘the sacroiliac joints’ moet bemoeien, maar prijst ons onderzoek van de discus. Ook al heb ik uitgelegd dat het ons niet gaat om een ‘ziek sacroiliaacaal gewricht’, maar om de ontrafeling van een ingewikkeld patroon van spierkrachten rondom die gewrichten in de ‘lumbopelvic region’.

Harde les is dat je het jezelf erg moeilijk maakt, wanneer je niet met de wind meewaait, maar buiten de gebaande paden treedt. Ook al hebben wij onze nieuwe theorie op diverse manieren onderbouwd (en is deze nog niet ontkracht), het zal lang duren voordat sommige gremia er waardering voor krijgen. Wij moeten verdedigen dat er een nieuwe dan wel aanvullende invalshoek nodig is. Het helpt dat juist dit jaar binnen de International Society for the Study of the Lumbar Spine (ISSLS) een inventarisatie is gemaakt van nog onbeantwoorde vragen.

Ik noem er enkele: “How can one tell if the disc is a source of pain?; How can we find the pain generator?; What are the underlying illnesses and mechanisms of back pain?; How does instability relate to back and neck pain?; What is the structural explanation for non-specific low back pain?” Dit zijn toch de meest basale vragen. Ook over de beste behandeling, zoals wel of niet een discusoperatie, bestaat onzekerheid, ondanks tienduizenden publicaties in vooraanstaande tijdschriften.

In diverse editorials wordt op de discussie ingegaan, zoals in het Amerikaanse blad Spine Journal. Het gaat ook over een nieuwe invalshoek: “Why, given the extensive research, billions of dollars in funding, dozens of logical treatments offered by thousands of doctors from virtually all specialties, have we not been able to impact the overall incidence or degree of disability associated with back pain? Do we require a completely new thought paradigm to attack this problem?” Onze invalshoek is in ieder geval nieuw.

En ook al is een model in de wetenschap vaak een sterke vereenvoudiging van een gecompliceerd systeem, toch geeft ons Rotterdamse model op basale vragen uit de ISSLS-enquête een antwoord, zowel wat de diagnose, de behandeling als de preventie betreft.¹³ Zelfs de betekenis van een instabiele discus volgt uit het model. Het model suggereert dat een spondylodese L5-S1 alleen, in beginsel niet genoeg is, dat de situatie ingewikkelder is. Evenzo geldt dat voor een symfyiodese alleen, bij symfyiolysis.

Vanzelfsprekend hebben wij destijds voor de ontwikkeling van dit model subsidie aangevraagd bij NWO. Dat verzoek werd afgewezen met “het is de vraag of de mechanica opheldering zal geven van de oorzaak van lage rugpijn”. Voor een biomechanicus is dit niet echt een aanmoediging. Verder in deze brief van 10 jaar geleden staat welk gebaande pad ik wel had moeten kiezen: de psychosociale problematiek die bij chronische lage rugpijn een rol speelt. Inderdaad, immense subsidies worden verstrekt aan dit soort onderzoek, vooral ook extra-universitair.

Ter illustratie hiervan: In het blad Mediator van ZonMw van september 2005 schreef Evenblij: “Onderzoek naar rug-, schouder- en andere klachten van het bewegingsapparaat lijkt in subsidieprogramma’s met open competitie minder gewaardeerd dan veelbelovend onderzoek naar genen en alelen.” Zulk onderzoek

zou echter voor het zorgbeleid en de ontwikkeling van onderzoeksmethoden veel toepasbaarder zijn dan genenonderzoek". Veel ruimte in het artikel wordt gegeven aan de enorme kosten en maatschappelijke problematiek van vooral rugklachten. Maar dan komt het slot. "ZonMw, NWO en de Raad voor het Gezondheidsonderzoek achten het stimuleren van relatief minder ontwikkelde wetenschapsgebieden, zoals de sociale geneeskunde, broodnodig." Het gaat dus bij 'funderend onderzoek van rug- en schouderklachten' weer niet over medische fysica, in het bijzonder de biomechanica of andere bètavakken, zoals de orthopedie en de revalidatie.

Biomechanisch gestuurde grootheid

Bewegingssturing is een klassieke onderzoekrichting. De vraag is hoe neuromusculaire sturing precies tot stand komt, wat is bijvoorbeeld de gestuurde grootheid? Voor de hand ligt te kijken naar verplaatsing, snelheid, versnelling en de daarvoor nodige (spier)kracht. Maar in plaats van de eerste afgeleide van de verplaatsing naar de tijd (snelheid) of de tweede afgeleide (versnelling) vond ik argumenten om naar de derde afgeleide ('jerk', ruk) te gaan kijken.²⁴ Dit idee werd uitgewerkt met Jan van Egeraat, afstudeerder bij de afdeling Technische Natuurkunde van de TU Delft.²⁵ De resultaten waren verrassend, zelfs met een klinisch aspect, waarop ik dit onderzoek aanmeldde bij de Werkgemeenschap Bewegingssturing van NWO. Bewegingssturing werd daar niet bestudeerd met een wiskundig-fysisch model zoals in ons geval, maar door proefpersonen de hand snel te laten bewegen naar oplichtende lampjes die van plaats verwisselen. Nu, 20 jaar later, is dat nog steeds zo, alhoewel het nu spinnen zijn, die hier en daar op het beeldscherm opduiken. Om lid te worden van de Werkgemeenschap, en zo in aanmerking te kunnen komen voor een aio-plaats, moest je project echter door een referent van de Werkgemeenschap van NWO worden beoordeeld en goedgekeurd. Maar wat gebeurt, geen van de zittende hoogleraren was bereid ons project te beoordelen. Het project werd dus niet beoordeeld, ik kon dus geen lid worden en ik kon dus geen aio-plaats verwerven. De briljante Jan van Egeraat is daarop naar Amerika vertrokken om daar te promoveren. Ik heb mij bij NWO schriftelijk beklaagd over de gang van zaken. NWO heeft de werkgemeenschappen opgeheven.

Een bijzonderheid van het model is dat het betrekking heeft op kracht die tot stand komt zowel bij stilstand als bij beweging. Het sluit naadloos aan bij wat bekend is over 'muscle twitches', en heeft verklarende en voorspellende kracht. Onlangs werd in ons laboratorium aldus verklaard dat het toevoegen van enig gewicht aan de computermuis goed kan zijn, rekening houdend met een persoonlijke factor, terwijl je zou verwachten dat dit niet zo is vanwege grotere benodigde spierkracht. Te veel gewicht toevoegen is dus weer niet juist.

De nieuwe computermuis is een resultaat van ons onderzoek op het gebied van nek-, schouder-, arm- en handklachten, waarvan de eerste publicatie verscheen in 1987 betreffende de tenniselleboog. Die theorie is nu leerstof in medische en paramedische opleidingen. Het artikel in 1987, vrij kort na mijn aanstelling in Rotterdam kwam tot stand nadat het was gelukt met de afd. Anatomie een samenwerkingsproject op te zetten met de kracht van elkaar aanvullende kennis en op basis van vriendschap. Deze samenwerking is herhaaldelijk door externe referenten positief beoordeeld. In 1987 kon door middel van geavanceerde metingen, met de hulp van de afd. Elektroneurofysiologie en een biomechanisch model, worden aangetoond dat vrijwel alle gevallen van tenniselleboog als overbelasting door knijpen of grijpen kunnen worden gezien. Zo kon de tenniselleboog worden verklaard als gevolg van schroeven draaien, het wringen van de was ('washer women's elbow'), tennissen, schrijven ('Schreibkrampf') enz., thuis en op het werk.²⁶ Het door onze samenwerkingspartner opgegeven projectdeel (ANA-10-03-06) werd echter dat jaar beloond met het volgende advies van de VCW:

“Wij adviseren dit project te beëindigen.” Je kunt hierbij je schouders ophalen, maar het verziekt wel de werksfeer voor de medewerkers.

Op grond van de basiskennis uit dit project is het gemakkelijk in te zien dat de huidige computermuis behept is met een ernstige denkfout.²⁷ Dit slaat niet op het perfecte principe van dit ‘computer input device’, maar op de onnodige spierspanningen die bij gebruik optreden. Het nieuwe ontwerp neemt die onnodige spierspanningen weg en ondersteunt de hand als een zadel. Om die reden heb ik de nieuwe muis “Het Paard” genoemd. Thans wordt “Het Paard” in een grote serie vervaardigd, waarvoor grote inspanningen zijn geleverd door het bedrijfsleven. In een veldstudie bij een grote overheidsinstelling werd het effect op de klachten van patiënten met RSI-(CANS-) klachten gevolgd.²⁸ Het effect was opmerkelijk, maar ook weer niet onverwacht omdat het biomechanisch model dit immers had voorspeld. Dit product zal, naar verwacht, meer patiënten bereiken dan enig individueel arts ooit in zijn leven te behandelen krijgt. Dit illustreert de rol van de ergonomie: het wegnemen van de oorzaak van problemen als gevolg van werkplekken en gereedschappen.

Impact

Eind jaren zeventig werd ik voorzitter van een Vaste Commissie van de Wetenschapsbeoefening (VCW). Die commissies waren ingesteld in de Wet op de Universitaire Bestuurshervorming en moesten zich bemoeien met kwaliteit en relevantie van onderzoek. Begin jaren zeventig had de Rekenkamer zich namelijk afgevraagd wat er met al het geld voor de universiteiten gebeurde. (Het geven van een arbeidsintensieve topopleiding natuurlijk.) Als voorzitter van zo'n VCW verbaasde ik mij over de stelligheid waarmee geoordeeld werd over andere specialisaties in de werktuigbouwkunde. Het ontpopte zich als een gezelschap van onderwijzers die regeltjes zaten uit te delen. Een voorbeeld hiervan uit Rotterdam is een brief die ons team kreeg van het hoofd Onderzoek, een beleidsfunctionaris, die ons voorhield maar niet meer te publiceren in *Clinical Biomechanics* maar in *Spine*, vanwege de iets hogere impactfactor. Maar *Spine* is primair voor chirurgen die rapporteren over hun operatiepatiënten. Wij waren geen chirurgen en zouden dat ook niet kunnen worden.

Veel is geschreven over verstikkende regelgeving en de bijbehorende geldverslindende ambtenarij. Het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen heeft het fenomeen VCW in de wet opgeheven. Niettemin zijn er weer overal onderzoekcommissies in een of andere vorm opgebloeid met weer evenzovele onderwijzers als voornoemd. Voor hen heb ik de suggestie iets aan hun verstikkende regelgeving toe te voegen: je moet behoren tot de top 25 'hottest articles' van een passend tijdschrift. Voor ons is dat *Clinical Biomechanics*, behorend bij het bovenste kwartiel. (Wij scoren in de 'Top 10 downloaded articles'.)

Onderwijs

De meeste uren die ik doorbracht aan de universiteit heb ik besteed aan het geven van colleges, het begeleiden van practica en het coachen van studenten bij een scala van studieopdrachten. Het contact met jonge mensen, met daartussen fabelachtige talenten is inspirerend en houdt je jong. College geven is leuk en nuttig. In deze organisatie ken ik nog iemand die het hoorcollege in het openbaar verdedigt: "Daar kan ik liefde overdragen voor het vak," zegt prof. Benner.

Eén van de mooiste voorbeelden van een jaarlijks college vind ik het volgende. Internist prof. Huib Pols vraagt een patiënt te vertellen wat diens klachten zijn. Daarna mogen de studenten de patiënt vragen stellen om te achterhalen om welke ziekte het gaat. Vervolgens schrijf ik een formule op het bord en leg uit wat de natuurkundige verklaring voor de aandoening kan zijn, met implicaties voor behandeling en preventie. Prof. Pols bespreekt daarop het behandelingsprotocol.

De jaarlijkse cyclus Capita Selecta is keuzeonderwijs en biedt kennismaking met aspecten van de geneeskunde die niet in het kerncurriculum aan de orde komen. Het was hoogst plezierig in de Capita Selecta Commissie te werken met studenten onder de humoristische leiding van prof. Jasper Scholte. Naderhand heb ik hem opgevolgd als docent-verantwoordelijke.

Onderwijs is de 'core business' van de afdeling Biomedische Natuurkunde en Technologie (BNT). Medische fysica geeft een beschrijving van fysische verschijnselen in het menselijk lichaam en door het gebruik van formules kunnen veranderingen, al of niet door ziekte, worden verklaard met conclusies over interventies. Het waarom staat hier voorop, niet het aanleren van encyclopedische kennis. In het bijzonder noem ik de practica Medische Fysica voor geneeskundestudenten. Onderwerpen zijn Longfysica, Echografie, Elektrodeplaatsing, Circulatie, Meten aan de mens en Biomechanica. Jaarlijkse evaluaties geven een positief oordeel van studenten te zien, hetgeen onder meer blijkt uit de steeds weer vrijwel voltallige opkomst, ook in de avonduren, terwijl deze practica niet verplicht zijn. Essentieel is hier de relevantie voor het eigen vakgebied, mede dankzij participatie van klinisch specialisten. Van deze practica wordt ook gebruik gemaakt door studenten van de TU Delft en het HBO. BNT begeleidt ook VWO-leerlingen die in het lab metingen doen voor hun praktische opdracht (5-VWO) of profielwerkstuk (6-VWO). Hulde voor opzet, organisatie en uitvoering aan drs. Marcel van Riel (onderwijscoördinator BNT), dr.ir. Johan Pel, dr.ir. Kees Spoor, ing. Hans de Bakker en ing. Joop Storm. De vervaardiging en het onderhoud van de talrijke meest computergestuurde (natte) practicumopstellingen brengen veel kosten met zich mee. In de mechanische werkplaats heeft de heer Cor Goedegebuur dit jarenlang verzorgd. Sinds kort is dit in handen van de heer Gerard Maas. Dankzij de aanstelling van mevrouw dr. Annelies Pool-Goudzwaard heeft BNT aan het bestuur van de faculteit het voorstel tot een Master of Science-opleiding Bewegingsapparaat kunnen voorleggen. Het is goedgekeurd en wordt ondergebracht bij de bestaande Clinical Research Master waarbij de participanten in MUSC voor de uitvoering zorgen. Dit komt ook ten goede aan de academisering van de fysiotherapie in Nederland. Een overtuigend voorbeeld

van het gunstige effect op wetenschappelijke onderbouwing van fysiotherapie door een universitaire afdeling fysiotherapie mocht ik in Brisbane van dichtbij waarnemen. Het gemiddelde van de middelbare schoolcijfers van degenen die tot de opleiding fysiotherapie in Brisbane worden toegelaten is hoger dan het gemiddelde van dat van de studenten die tot de opleiding geneeskunde worden toegelaten. Jawel, deze zin is correct. De in Nederland aanwezige scheiding tussen HBO en universiteit gaat onherroepelijk verdwijnen. In 1978 heeft prof. Posthumus na een studiereis de regering geadviseerd inzake invoering van het Angelsaksische systeem. Sindsdien lijkt er bij het Ministerie een “verborgen” agenda te zijn waarvan de resultaten zichtbaar zijn in nieuwbouw. Paramedische opleidingen worden gesitueerd naast medische faculteiten, technische hogescholen naast technische universiteiten en bijvoorbeeld de vestiging op Woudestein van HBO Economie. Sommige universiteitsbesturen stellen zich afstandelijk op ten opzichte van deze ontwikkeling, terwijl de ‘amalgamation’ onafwendbaar is. Het zou een voorsprong geven daar nu al op in te springen. Ik denk hierbij aan de sterke positie die Rotterdam heeft in combinatie met Delft voor een Master ‘Physical therapy, physical fitness and physical ergonomics’.

Veranderingen in het onderwijs

Voortdurend wordt bij BNT gewerkt aan onderwijsvernieuwing wat op niveau alleen kan lukken dankzij ‘die Einheit von Forschung und Lehre’ (Von Humboldt, 1810). Het aandeel van de Medische Fysica in het basiscurriculum is weliswaar verminderd, maar is ons inziens juist in Rotterdam nog van redelijke omvang. Ondanks het feit dat basisvakken onder druk staan, waarover het volgende:

De laatste decennia hebben grote veranderingen plaatsgevonden in het onderwijs. Goed is dat iedereen thans de mogelijkheid heeft om te gaan studeren. Maar tegelijk daarmee is de enorme aanwas in belangrijke mate gegaan naar wat in de techniek groene of zachte vakken worden genoemd. Ten opzichte van mensen die opgeleid zijn in vakken met een hoger gehalte aan wiskunde en natuurkunde vormen hoogopgeleide mensen uit groene of zachte vakken een overgrote meerderheid. Het gevolg is dat het aantal van hen in organisaties spectaculair is toegenomen en leidinggevend onder hen beleid maken, ook aan de universiteit waar de ruimte voor de echte basisvakken afneemt. Dit verschijnsel is mondiaal en zo las ik in *The Weekend Australian* van 6 mei 2006 “Doctors fail basic anatomy”. In het artikel staat: “Teaching hours for anatomy have been slashed by 80 per cent in some medical schools to make way for “touchy-feely” subjects such as “cultural sensitivity”, communication and ethics. The time devoted to other basic sciences - including biochemistry, physiology and pathology - has also been reduced. Students are increasingly unable to locate important body parts and in some cases even confuse one vital organ with another. Several senior consultants have told the *Weekend Australian* they have been “horrified” to encounter final-year medical students who do not know where the prostate gland is, or what a

healthy liver feels like. Many students are also unhappy over core science training. One group of students wrote last year, saying they were sick of being asked: "Didn't you study anatomy?" by consultants amazed by the gaps in their knowledge.

Ook tegengeluiden worden gemeld zoals: "The fact that we have to reduce some of the things we taught in the past to make way for new areas of knowledge is a worldwide tendency."

Medische Technologie

De bedoeling van mijn leerstoel was een brug te slaan naar de Technische Universiteit Delft. Dat gaf een extra dimensie aan de taak van mijn afdeling om bij te dragen aan ziekenhuisprojecten, grote en kleine. Een typisch Delftse inbreng betrof het adviseren over alle mensgerelateerde maten van het te bouwen Sophia Kinderziekenhuis en ergonomie van het aan te schaffen ziekenhuisbed. De toekenning van ministeriële vernieuwingsgelden, waarvoor het toenmalige lid van het College van Bestuur dr. Hans Stam veel heeft gedaan, heeft BNT een krachtige impuls gegeven. Ook hebben met name het Anna Fonds, STW en het IOP-HG projecten gesteund.

Vele clinici hebben vragen aan ons voorgelegd waarbij behoefte was aan een wiskundige of fysische analyse, maar het kon ook gaan om het ontwerpen en realiseren van ingewikkelde proefopstellingen, medische instrumenten en hulpmiddelen voor gehandicapten. Naderhand zijn daar ergonomische vragen bij gekomen om bijvoorbeeld fysieke klachten bij chirurgen tijdens langdurige operaties tegen te gaan. Veelal werd hier samengewerkt met het bedrijfsleven.

Bij al deze projecten was het opmerkelijk, hoe bereidwillig men in ons ziekenhuis was om Delftse studenten en promovendi uitleg te geven en zelfs te laten kijken naar operaties.

Dankwoord

In dit dankwoord beperk ik mij tot mijn werk op het Erasmus MC. Helaas kan ik hier niet allen noemen in huis en daarbuiten. In mijn afscheidscollege in Delft zal ik dank betuigen aan mensen aan de drie technische universiteiten.

Terugkijkend is het niet goed meer te overzien van hoeveel teams ik deel heb uitgemaakt, in hoeveel besturen, bestuurtjes en commissies ik mij druk heb gemaakt, van hoeveel artsen en verpleegkundigen ik (privé)onderwijs en geduldig uitleg heb gekregen en met wie ik projecten heb gedaan, in hoeveel bedrijven ik heb rondgelopen en achter de schermen heb gekeken en hoeveel collega-onderzoekers ik binnen de universitaire wereld heb ontmoet in binnen- en buitenland, waarbij ik met ademloze bewondering heb kunnen genieten van hun vondsten. Ik ervaar het als een eer en een geschenk zo lang aan de universiteit te hebben mogen werken. Dankbaar ben ik voor het contact met en de steun van de decanen prof. Henk van der Molen, prof. Henk Visser, prof. Karel Kerrebijn, prof. Karel Verwoerd en prof. Paul van der Maas. Hun visie op de Medische Fysica en Technologie was een grote stimulans voor ons team.

Door samenwerking met de hoogleraren Berend Bangma (Revalidatie), Bert van Linge (Orthopedie), Jacques van der Meulen (Plastische en Reconstructieve Chirurgie), Jan Voogd (Anatomie), Frans van der Meché (Neurologie), Paul van der Maas (Maatschappelijke Gezondheidszorg) en Paul Wilson (Interne Geneeskunde) kon ik destijds een plaats verwerven binnen de medische faculteit. De samenwerking verliep in grote harmonie en resulteerde in veel multidisciplinair onderzoek en het gezamenlijk begeleiden van een aanzienlijk aantal promovendi. Ik ben trots op mijn promovendi, 36 waarvan 11 medici. En dankbaar voor het mogen genieten van hun intelligentie, hun talenten en hun grote inzet. Wat hebben ze gewerkt, met offers van hun dierbaren.

Werkend aan vraagstellingen vanuit het ziekenhuis ontstonden boeiende ontwerpprojecten met diverse afdelingen. Voor medische technologie is het ziekenhuis een kraamkamer van ideeën. Mijn afscheidscollege in Delft gaat hier verder op in, met o.a. ideeën van de chirurgen prof. Johan Lange, prof. Karel van der Wal, prof. Hans Jeekel, dr. Geert Kazemier, dr. Gijsbert Jan Sonneveld en gynaecoloog dr. Frans Huikeshoven. En onder meer uit de verpleegkundige sector Alberdien de Smalen, Wil de Groot en Karin Smits.

Ik heb mij zeer verwant gevoeld met prof. Klaas Bom. Zijn leerstoel richtte zich op de medische technologie in de cardiologie. Zijn vindingen op het gebied van ultrasound en zijn persoonlijkheid hebben grote indruk op mij gemaakt.

Omdat de kracht van medische technologie vooral ook ligt in het ontwerpen van bijzondere proefopstellingen werd samengewerkt met de Centrale Research Werkplaatsen (CRW). Veel creatieve sessies heb ik beleefd met ontwerpers en vervaardigers van de CRW (thans EMI).

De afdelingen op het gebied van het bewegingsapparaat zijn thans verenigd in het Musculoskeletal Science Center (MUSC). Een levendige en collegiale samenwerking van talrijke medische en niet-medische onderzoekers vindt plaats, ook in het onderwijs. Veel had ik zo op een effectieve en plezierige wijze te maken met de afdelingshoofden prof.

Henk Stam (Revalidatie), prof. Jan Verhaar (Orthopedie), prof. Steven Hovius (Plastische en Reconstructieve Chirurgie), prof. Bart Koes (Huisartsgeneeskunde), prof. Karel van der Wal (Kaakchirurgie), prof. Mieke Hazes (Reumatologie), prof. Peter Patka en diens voorganger prof. Arie van Vugt (Traumatologie). Een belangrijk aandeel in MUSC wordt geleverd door de samenwerkingspartners dr. Lex Burdorf (Maatschappelijke Gezondheidszorg), dr. Gert-Jan Kleinrensink (Neurowetenschappen) en dr. Harold Miedema (Nederlands Kenniscentrum Arbeid en Klachten Bewegingsapparaat).

De biomechanica zoals wij die bedrijven begint steeds met wiskundige/fysische modelvorming, gevolgd door verificatie-experimenten met gebruik van anatomische preparaten en gezonde proefpersonen. Tenslotte vindt onderzoek plaats bij patiënten. Dit illustreert de noodzaak van samenwerking met alle partners van MUSC. Het langstdurend en meest intensief was de hechte band met Anatomie, met dr. Rob Stoeckart en dr. Gert-Jan Kleinrensink en de preparateurs. Een schoolvoorbeeld van vriendschap en hard werken aan projecten en publicaties. Wat is een functioneel anatoom zonder geavanceerde meetopstellingen en wat is een biomechanicus zonder een kritisch anatoom?

Dank aan het clusterbureau 8 waar onder aanvoering van drs. Frank Tigges prima wordt gezorgd voor onze financiën en personele aangelegenheden.

Natuurlijk zijn de medewerkers van mijn afdeling Biomedische Natuurkunde en Technologie de belangrijkste personen geweest om van onze vele taken een succes te maken. Veel is gedaan in de vorm van projecten met vaak tijdelijke aanstellingen. De leden van de vaste staf hadden en hebben het meeste van hun tijd geïnvesteerd in het onderwijs Medische Fysica. Mij beperkend tot de laatste jaren noem ik drs. Marcel van Riel, dr.ir. Johan Pel, dr. Annelies Pool-Goudzwaard, ir. Gilbert Hoek van Dijke, ing. Joop Storm en dr.ir. Kees Spoor. Technische ondersteuning is voor een afdeling als de onze een levensvoorwaarde die we in eigen hand moeten hebben. Elke minuut, want een falende practicumopstelling, er zijn er meer dan 80, zou schadelijk zijn voor onze studenten en voor onze reputatie. Met dank voor vakmanschap en inzet noem ik ing. Hans de Bakker, Cor Goedegebuur, ing. Wim Groeneveld, ing. Joop Storm en Gerard Maas.

Dan kom ik nu aan de kamer naast de mijne. Daar resideerde gedurende de afgelopen 22 jaar mevrouw Ria van Kruining. Voor mijn eigen werk en voor de afdeling vervulde zij steeds een spilfunctie. Om een aspect te noemen: waar ik ook in het buitenland kom zegt men: "How is Ria, you have a very efficient secretary." Al die jaren was zij de ruggengraat van de afdeling en ook een stralend middelpunt. Daar ben ik zeer dankbaar voor.

Ik prijs mij gelukkig vrienden te hebben, van dichtbij in de eigen wijk tot veraf down under. Tijdens mijn pensioen hoop ik hiervan meer te kunnen profiteren.

Het is een zegen wanneer je een fijne familie hebt. Het is een voorrecht dat mijn zorgzame moeder deze dag kan meemaken. Ver in de tachtig maakt ze muziek, schildert ze, doet ze aan briden, is secretaresse van de bewonersvereniging, haalt met

een cursus haar Frans op enz. Kortom, zij heeft een volle agenda.

Dan kan ik met trots noemen twee prachtige dochters. De jongste dochter heeft vier mooie, pientere kinderen en haar man is een ideale schoonzoon.

En tot slot degene aan wie ik de meeste dank verschuldigd ben, mijn lieve echtgenote.

Zij is het middelpunt van mijn leven en een bron van inspiratie, warmte en steun.

Toen Tonny in mijn leven kwam, is mij een wonder geschied.

Ik heb gezegd.

Literatuur

- ¹ Bonne AJ. On the shape of the human vertebral column. *Acta Orthopaedica Belgica* 1969;35(3-4):567-583
- ² Snijders CJ. On the form of the human spine. *Acta Orthopaedica Belgica* 1969;35:584-594
- ³ Snijders CJ. On the form of the human thoraco-lumbar spine and some aspects of its mechanical behaviour. Thesis, Eindhoven, 1970.
- ⁴ Snijders CJ, Seroo JM, Snijder JGN, Hoedt HT. Change in form of the spine as a consequence of pregnancy. *Digest 11th ICMBE, Ottawa, 1976*, pp. 670-671
- ⁵ Vleeming A, Van Wingerden JP, Dijkstra PF, Stoeckart R, Snijders CJ, Stijnen T. Mobility in the sacroiliac joints in the elderly: a kinematic and radiological study. *Clinical Biomechanics* 1992;7:170-176
- ⁶ Snijders CJ, Ribbers MTLM, Bakker JV de, Stoeckart R, Stam HJ. EMG recordings of abdominal and back muscles in various standing postures: validation of a biomechanical model on sacroiliac joint stability. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 1998;8:205-214
- ⁷ Snijders CJ, Slagter AHE, Strik R van, Vleeming A, Stoeckart R, Stam HJ. Why leg-crossing? The influence of common postures on abdominal muscle activity. *Spine* 1995;20(18):1989-1993
- ⁸ Buyruk HM, Snijders CJ, Vleeming A, Laméris JS, Holland WPJ, Stam HJ. The measurements of sacroiliac joint stiffness with colour Doppler imaging: a study on healthy subjects. *European Journal of Radiology* 1995;21:117-121
- ⁹ Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, Damen L, Pas MS, Storm J. The relationship between the transversely oriented abdominal muscles, sacroiliac joint mechanics and low back pain. *Spine* 2002;27(4):399-405
- ¹⁰ Snijders CJ, Hermans PFG, Niesing R, Spoor CW, Stoeckart R. The influence of slouching and lumbar support on iliolumbar ligaments, intervertebral discs and sacroiliac joints. *Clinical Biomechanics* 2004;19(4):323-329
- ¹¹ Snijders CJ, Richardson CA, Pool-Goudzwaard AL, Hides JA. Low back pain in microgravity; causality and countermeasures. 15th IAA Humans in Space Symposium, 22-26 May 2005, Graz, Austria
- ¹² Aghina JCFM. Low back pain and low level flying. Thesis, Erasmus Universiteit Rotterdam, 19 april 1989
- ¹³ Snijders CJ, Hoek van Dijke GA, Roosch ER. A biomechanical model for the analysis of the cervical spine in static postures. *Journal of Biomechanics* 1991;24(9):783-792
- ¹⁴ Hoek van Dijke GA, Snijders CJ, Roosch ER, Burgers PICJ. Analysis of biomechanical and ergonomic aspects of the cervical spine in F-16 flight situations. *Journal of Biomechanics* 1993;26(9):1017-1025
- ¹⁵ Riel MPJM van, Derksen JCM, Burdorf A, Snijders CJ. Simultaneous measurements of posture and movements of head and trunk by continuous three-dimensional registration. *Ergonomics* 1995;38(12):2563-2575
- ¹⁶ Snijders CJ, Riel MP van, Nordin M. Continuous measurements of spine movements in normal working conditions over periods of 8 hours or more. *Ergonomics* 1987;30:639-653
- ¹⁷ Derksen JC, Riel MPJM van, Snijders CJ. A new method for continuous recording of trunk postures while playing golf. *Journal of Applied Biomechanics* 1996; 12(1):116-129
- ¹⁸ Damen L. Laxity measurements of the sacroiliac joints in women with pregnancy-related pelvic pain. Thesis, Erasmus Universiteit Rotterdam, 11 december 2002
- ¹⁹ Pool-Goudzwaard AL. Biomechanics of the sacroiliac joints and the pelvic floor. Thesis, Erasmus Universiteit Rotterdam, 31 oktober 2003

- ²⁰ Snijders CJ, Molenbroek JFM, Plante R. Biomechanical aspects of defecation with implications for the height of the toilet. Chapter in *Friendly Rest Room*, in print
- ²¹ Tuts KP, Snijders CJ, Damen L, Swierstra BA. Is idiopathic scoliosis related to left-right difference in sacroiliac joint (SI) stiffness? Proceedings of the 13th Anniversary Meeting of the Eastern Orthopaedic Association 13-17 October 1999, Vienna, Austria, pp. 189
- ²² Richardson C, Hodges P, Hides J. Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization: a motor control approach for the treatment and prevention of low back pain. Elsevier, Churchill Livingstone, Edinburgh, 2004
- ²³ Snijders CJ, Hermans PFG, Niesing R, Pool-Goudzwaard AL, Kleinrensink GJ. New concepts and hypotheses; Sudden slouching in the upright posture is a possible cause of back sprain in view of a biomechanical model on sacroiliac joints and iliolumbar ligaments. In press
- ²⁴ Snijders CJ, Egeraat JM van. The significance of the third time derivative in the control of limb movement, part I. *Neuro-Orthopedics* 1986;1:52-55
- ²⁵ Egeraat JM van, Snijders CJ. The significance of the third time derivative in the control of limb movement, part II. *Neuro-Orthopedics* 1986;2:75-80
- ²⁶ Snijders CJ, Volkers ACW, Mechelse K, Vleeming A. Provocation of epicondylalgia lateralis (tennis elbow) by power grip or pinching. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1987;19(5):518-523
- ²⁷ Snijders CJ, Bergh M van den, Storm J, Pel JJM. The build up of unnecessary tensions by the current computer mouse. Submitted for publication
- ²⁸ Helder PC, Snijders CJ, Krullaards RL. Resultaat gebruik handondersteunende computermuis door patiënten met nek-schouderklachten. *Tijdschrift voor Bedrijfs- en Verzekeringsgeneeskunde* 2006;6:257-264

