

De bewegingsruimte van de knie

Citation for published version (APA):

Blankevoort, L., & Huiskes, H. W. J. (1987). De bewegingsruimte van de knie. In *Instituut Orthopaedie : jubileumbundel / Ed. T.J.J.H. Slooff* (blz. 403-410). (Instituut Orthopaedie : jubileumbundel / Ed. T.J.J.H. Slooff, 1987). Katholieke Universiteit, Sint-Radboudziekenhuis.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1987

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als 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.tue.nl/taverne

Take down policy

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

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

DE BEWEGINGSRUIMTE VAN DE KNIE

Ir. L. Blankevoort en Prof.Dr.Ir. R. Huiskes

afd. Orthopaedie

KU-Nijmegen.

Inleiding

De knie is reeds lang onderwerp van onderzoek in het laboratorium voor Experimentele Orthopaedie van het Sint-Radboudziekenhuis te Nijmegen. Een groot aantal klinisch en biomechanisch gerichte onderzoeken heeft bijgedragen aan de kennis die nodig is voor het ontwikkelen van diagnostische en chirurgische procedures en het ontwerpen van gewrichts- en ligamentprothesen (Van Rens et al., 1986; Jaspers, 1982; van Dijk, 1983; Edixhoven, 1986; Huiskes et al., 1985; de Lange et al., 1982; Blankevoort et al., 1987; van Kampen et al., 1986). Een recente ontwikkeling is het concept van de bewegingsruimte en de consequenties daarvan voor het mechanische gedrag van de knie.

De functie van gewrichten in het menselijk lichaam is een puur mechanische: het doorleiden van krachten bij een zekere bewegingsmogelijkheid. Van de synoviaalgewrichten is het kniegewricht wel een van de meest complexe, zowel uit anatomisch als uit mechanisch oogpunt. In principe kent de tibia ten opzichte van het femur zes onafhankelijke bewegingsmogelijkheden, namelijk drie translaties, anterieur-posterieur, mediaal-lateraal en proximaal-distaal, en drie rotaties, flexie-extensie, interne-externe rotatie en varus-valgus rotatie. De bewegingsbeperkingen die nodig zijn voor het goed functioneren van het gewricht worden verzorgd door de gewrichtsoppervlakken, de menisci, de ligamenten en het kapsel. Deze bewegingsbeperkingen leveren, zoals dat in de klinische praktijk heet, de "passieve stabiliteit". Bij een lesie van één of meerdere ligamenten spreekt men van een instabiliteit, die zich laat uitdrukken als een vergrote passieve bewegingsmogelijkheid.

De bewegingsruimte

De bewegingen in het kniegewricht worden beschreven aan de hand van een assenstelsel in de tibia (fig. 1). Flexie wordt beschreven als een rotatie om een as evenwijdig aan de x-as, die van lateraal naar mediaal loopt; interne of externe rotatie van de tibia als een rotatie om de lengteas van de tibia, de y-as. Deze twee rotaties zijn de belangrijkste bewegingsmogelijkheden van de knie, omdat die mogelijk zijn zonder dat er grote belastingen voor nodig zijn. Zoals geïllustreerd in figuur 2 is er bij een gegeven flexiehoek nauwelijks een draaimoment nodig om het gewricht binnen bepaalde grenzen te roteren. Buiten deze grenzen is er een progressief toenemende weerstand tegen rotatie. De grenzen van deze rotatie worden gekozen als zijnde de interne of externe rotatie die optreedt bij een belasting van respectievelijk +3 en -3 Nm. In de klinische praktijk is dit draaimoment makkelijk met de hand op het onderbeen aan te brengen. De met behulp van deze definitie in een viertal van onze kadaverexperimenten bepaalde grenzen voor tibiarirotatie als functie van flexie zijn weergegeven in figuur 3. Voor iedere knie geeft één curve de interne rotatie weer als functie van flexie bij een moment van 3 Nm en de tweede curve de externe rotatie als functie van flexie bij een moment van -3 Nm.

Deze beide curven spannen de bewegingsruimte op van 0° tot 95° flexie, waarbinnen de normale kniebewegingen zich afspelen. De bewegingsruimte is ook begrensd voor grotere flexiehoeken en voor hyperextensie. Binnen de bewegingsruimte is het gewricht in feite instabiel: er zijn slechts kleine belastingen nodig voor grote bewegingsuitslagen. De spieren en vooral de spiercoördinatie zullen zorg dragen voor de functionele stabiliteit binnen de bewegingsruimte.

De slotrotatie

De slotrotatie is de externe rotatie die optreedt in de laatste fase van de extensiebeweging. In de cadaverexperimenten is dit fenomeen niet gevonden. Bij flexie of extensie zonder externe belasting werd geen interne of externe rotatie gevonden. Nu kunnen de spieren rond de knie een resulterend moment op de tibia uitoefenen. Met name de quadricepsspier, een belangrijke extensor, geeft een intern draaimoment, waardoor de tibia intern roteert (Draganich et al., 1985). Extensie vanuit een bepaalde flexiestand zal dan een bewegingsverloop geven langs de grens van interne rotatie (fig. 4). Er treedt dan een ge-

dwongen exorotatie op in de laatste fase van extensie.

De slotrotatie kan zo verklaard worden als resulterend uit een combinatie van de passieve eigenschappen van het gewricht, de bewegingsruimte en de actieve werking van de spieren rond het gewricht, in dit geval de quadriceps.

De schroevingsassen

Een ruimtelijke relatieve beweging van een star lichaam ten opzichte van een ander lichaam kan worden beschreven als een combinatie van een rotatie om een as en een translatie langs dezelfde as. Deze as wordt de schroevingsas genoemd. Voor een vlakke beweging staat de schroevingsas loodrecht op het vlak van beweging en kan de beweging beschreven worden als een rotatie in het vlak om het momentane rotatiepunt. De knie heeft twee graden van vrijheid. Dit heeft consequenties voor het beschrijven van kniebewegingen met schroevingsassen. Flexie vindt plaats om een horizontale as en rotatie van de tibia geschiedt om een as evenwijdig met de tibiaschacht. Een combinatie van flexie en rotatie gebeurt dus in het algemeen om een as die een schuine stand heeft ten opzichte van de anatomische vlakken. Binnen de bewegingsruimte is dus niet eenduidig een schroevingsas te bepalen; deze hangt sterk af van het bewegingsverloop binnen de bewegingsruimte. Een consistent en reproduceerbaar bewegingsverloop is flexie langs de grenzen van de bewegingsruimte. De schroevingsassen voor flexie van een kniepreparaat langs de interne grens en de externe grens van de bewegingsruimte zijn weergegeven in figuur 5. De assen zijn weergegeven ten opzichte van de contouren van de geometrie van het femur en de aanhechtingpunten van de ligamenten. Iedere as is de schroevingsas voor een eindige bewegingsstap. Zowel in interne als in externe rotatie staat de eerste flexie-as schuin ten opzichte van het sagittale vlak, omdat de eerste flexiestap gepaard gaat met een zekere mate van interne respectievelijk externe rotatie. Bij de volgende flexiestappen neemt de mate van rotatie af, met als gevolg een meer horizontale oriëntatie van de assen. Bij verdergaande flexie bewegen de assen naar posterieur. De schroevingsassen tonen aan dat de beweging van de knie complex is. Verschillende bewegingspatronen worden gekarakteriseerd door verschillende bewegingsassen. Het extern opleggen van een vaste bewegingsas, door bijvoorbeeld bepaalde soorten orthesen, kan leiden tot onnatuurlijke bewegingen en mogelijk hoge belastingen van ligamenten en ge-

wrichtsooppervlakken.

Conclusies

In dit kader moet de beschrijving van het concept van de bewegingsruimte van de knie beknopt blijven. Zo zou er bijvoorbeeld nog iets vermeld kunnen worden over de stabiliserende werking van hoge axiale belastingen (Markolf et al., 1981) of over de anterieure-posterieure bewegingsmogelijkheid van de knie. Het is wel duidelijk dat, zodra er een bewegingsvrijheid in een gewricht aanwezig is, er sprake is van een instabiel passief systeem. Dit geldt zowel voor het intacte gewricht als voor het gewricht met een ligamentruptuur. De functionele stabiliteit van een gewricht moet worden verzorgd door de actieve componenten, zijnde de spieren. Met name spiercoördinatie is van belang. Slechts indien het samenspel van passieve en actieve stabiliteit faalt en er oncontroleerbare bewegingsuitslagen zijn, is het gewricht functioneel instabiel.

De tweede consequentie van de bewegingsruimte van een gewricht is de onmogelijkheid om eenduidig de ligging van de rotatieassen of de schroevingsassen vast te stellen. Zodra een gewricht meer dan één graad van bewegingsvrijheid heeft, hangt de ligging van de rotatieassen af van het bewegingsverloop binnen de bewegingsruimte en dus ook van de specifieke taak die wordt uitgevoerd.

In de klinische praktijk zijn legio voorbeelden te vinden waar de bewegingsruimte van de knie om de hoek komt kijken. Bij het uitvoeren van de schuifladetest zal de tibia niet alleen een voor-achterwaartse translatie uitvoeren, maar interne en externe rotaties zullen ook optreden en kunnen mogelijk de beoordeling van de test bemoeilijken. Mensen met een onnatuurlijk grote bewegingsruimte als gevolg van ligamentrupturen, kunnen toch een functioneel stabiele knie hebben door gerichte training van de spieren en de spiercoördinatie. Bij de ontwikkeling van zogenaamde "knee-braces" zal terdege rekening gehouden moeten worden met rotatieassen in de knie, die niet vastliggen. Hetzelfde geldt voor de "passive motion devices" die gebruikt worden bij revalidatie na kruisbandplastieken. Een voortgaande onderzoeksinspanning zal daarom blijvend bijdragen aan de ontwikkeling en verbetering van klinische procedures voor de behandeling van aandoeningen van het kniegewricht.

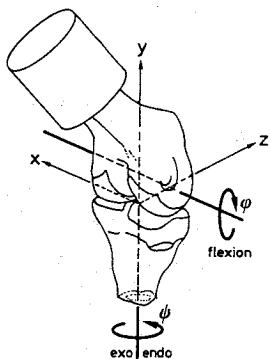
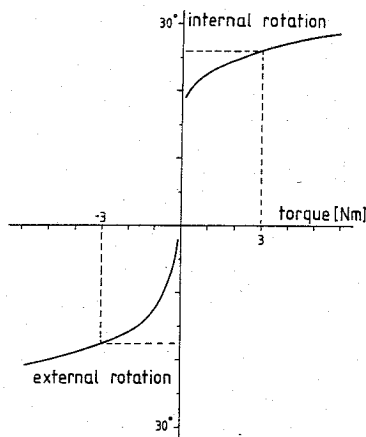


fig. 1: Het assenstelsel in de tibia voor beschrijving van de bewegingen in de knie (uit: Blankevoort et al., 1987).

fig. 2: Een moment-versus-rotatie-grafiek bij een vaste flexiehoek. De grenzen van interne of externe rotatie worden gekozen bij een moment van +3 Nm respectievelijk -3Nm (uit: Blankevoort et al., 1987).



SPEC. 51 flexion = 25°
F_y = 9

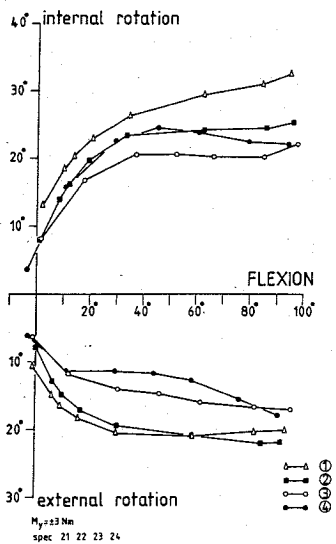


fig. 3: De grenzen van tibiartotatie als functie van flexie bij een moment 3 Nm voor vier kniepreparaten (uit: Blankevoort et al., 1987).

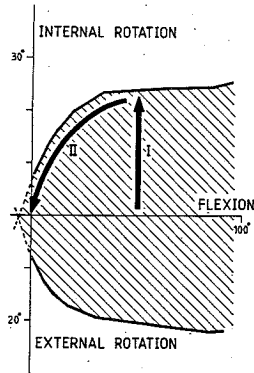


fig. 4: De slotrotatie kan verklaard worden uit het combineren van de passieve eigenschappen van de knie, i.e. de bewegingsruimte, en de werking van de belangrijkste extensorspier, de quadriceps.

I: Bij constant blijvende flexiehoek aanspannen van de quadriceps resulteert in een interne rotatie.

II: Extensie verloopt vervolgens langs de interne grens van de bewegingsruimte, met als resultaat een gedwongen exorotatie in de laatste fase van extensie.

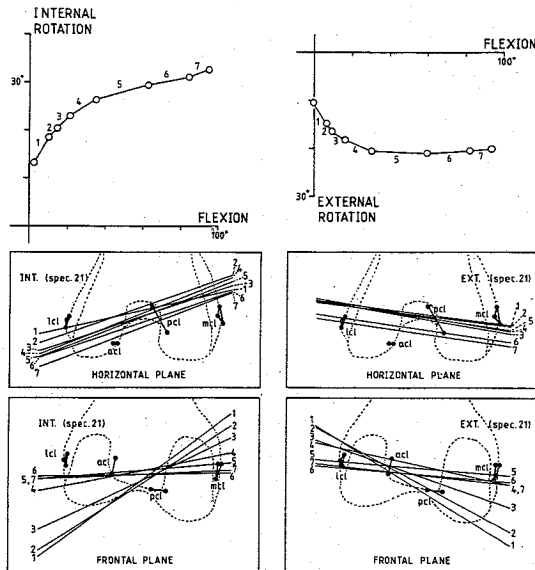


fig. 5: De schroevingsassen van een flexiebeweging van een preparaat langs de interne en externe grens van de bewegingsruimte. Iedere as beschrijft een bewegingsstap die overeenkomstig genummerd is in de grafiek (uit: Blankevoort et al., 1986).

Referenties

- Blankevoort L, Huiskes R, Lange A de (1987) The envelope of passive knee-joint motion. J.Biomechanics (in druk)
- Blankevoort L, Huiskes R, Lange A de (1986) Helical axes along the envelope of passive knee-joint motion. Orthop. Trans. 10, 307
- Blankevoort L, Huiskes R, Lange A de (1985) The reproducibility of passive human knee-joint motion characteristics. In: Biomechanics, Current interdisciplinary research (SM Perren and E Schneider, Eds) Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht/Boston/Lancaster, 309-314
- Draganich LF, Andriacchi TP (1985) Three dimensional moments produced by the knee joint musculature. Orthop. Trans. 9, 269
- Dijk R van (1983) The behaviour of the cruciate ligaments in the human knee. Dissertatie, Katholieke Universiteit Nijmegen
- Edixhoven PhJ (1986) De geïstrumenteerde schuifladetest van de knie in vivo. Dissertatie, Katholieke Universiteit Nijmegen
- Huiskes R, Blankevoort L, Dijk R van, Lange A de, Rens ThJG van (1984) Ligament deformation patterns in passive knee-joint motions. In: 1984 Advances in Bioengineering (RL Spilker, Ed) The Am.Soc.Mech. Engrs., New York, 57-58
- Huiskes R, Dijk R van, Lange A de, Woltring HJ, Rens ThJG van (1985) Kinematics of the human knee joint. In: Biomechanics of normal and pathological joints (N Berme, AE Engin, KM Correia da Silva, Eds) NATO-ASI-series E93, Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht/Boston/Lancaster, 337-358
- Jaspers PJTM (1982) De mechanische functie van de menisci in het kniegewricht. Dissertatie, Katholieke Universiteit Nijmegen
- Kampen A van, Huiskes R, Blankevoort L, Rens ThJG van (1986) The three-dimensional tracking pattern of the patella in the human knee joint. Orthop.Trans. 10, 418
- Lange A de, Dijk R van, Huiskes R, Selvik G, Rens ThJG van (1982) The application of Roentgenstereophotogrammetry for the evaluation of knee-joint kinematics in vitro. In: Biomechanics, Principles and applications (R Huiskes, DH van Campen, JR de Wijn, Eds) Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht/Boston/Lancaster, 177-190
- Markolf KL, Bargar WL, Shoemaker SC, Amstutz HC (1981) The role of joint load in knee stability. J.Bone Joint Surg. 63-A, 570-585
- Rens ThJG van, Berg AF van den, Huiskes R, Kuypers W (1986) Substitution of the anterior cruciate ligament: a long-term histologic and biomechanical study with autogenous pedicled grafts of the ilio-tibial band in dogs. Arthroscopy 2, 139-154

Verantwoording

De gegevens zoals hier beschreven zijn ontleend aan de resultaten van onderzoeken die verricht zijn in het Laboratorium voor Experimentele Orthopaedie. Het project "Biomechanisch (quasi-statisch) gedrag van het menselijk kniegewricht in vitro" wordt gesteund door de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO).